



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico como suministro de
energía eléctrica para el complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Br. Arteaga Salinas, Quevi Midio (ORCID: 0000-0001-8612-8758)

Br. Leyva Pérez, Urigel Aram (ORCID: 0000-0003-3894-1925)

ASESOR:

Mg. Valderrama Campos, Edwin (ORCID: 0000-0003-1254-8340)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Quiero dedicar mi proyecto de tesis para toda mi familia, en especial a mi madre, por apoyarme en todos mis proyectos, a mis hermanos y a todas las personas que en algún momento me dieron su apoyo para poder emprender nuevos retos.

Arteaga Salinas Quevi Midio

Dedico este proyecto de tesis a mi papá, a mi esposa por estar siempre a mi lado apoyándome, a mis profesores y a las personas que hicieron realidad este proyecto.

Leyva Pérez Urigel Aram

Agradecimiento

Primeramente, agradecer por llegar a realizar mis metas y proyectos con salud y bienestar, agradecer a mi madre María Cleofe Salinas Villacorta por siempre apoyarme, a mi padre Santos Arteaga Medina por enseñarme a afrontar la vida e inculcarme que sin sacrificio no hay logros, a mi Tía María Cristina y a mis Primos Ilsa Arteaga y Renato Llanos por siempre estar y brindándome su apoyo.

Arteaga Salinas Quevi Midio

Agradezco a la Municipalidad de Chao por tener en consideración el hacer realidad este proyecto de tesis, contribuyendo así a la sociedad y al medio ambiente, y creando un precedente de la viabilidad de las energías renovables.

Leyva Pérez Urigel Aram

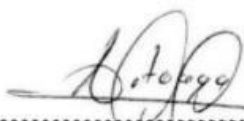
Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

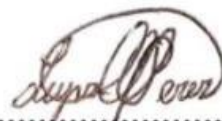
Yo, Arteaga Salinas Quevi Midio con DNI N° 48154885, Leyva Pérez Urigel Aram con DNI N° 46953191, en cumplimiento con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo, facultad de ingeniería, escuela de ingeniería mecánica eléctrica, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es auténtica y veras.

En ese sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en documentos como en información aportada, por tal motivo nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, diciembre 2019



.....
Arteaga Salinas Quevi Midio
DNI N° 48154885



.....
Leyva Pérez Urigel Aram
DNI N° 46953191

ÍNDICE

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Índice	vi
Resumen... ..	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	22
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	22
2.2 Variables y operacionalización	22
2.3 Población, muestra y muestreo	24
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad	25
2.5 Método de análisis de datos.....	26
2.6 Aspectos éticos	26
III. RESULTADOS.....	27
3.1 Requisitos de diseño	27
3.2 Cálculos.....	37
3.3 Evaluación económica.....	50
IV. DISCUSIÓN	54
V. CONCLUSIONES	55
VI. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS	59

RESUMEN

La presente tesis cuenta con todas las técnicas necesarias para realizar un estudio de factibilidad el cual servirá para suministrar energía eléctrica al complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori empleando un sistema fotovoltaico aislado, este complejo deportivo actualmente cuenta con 36 reflectores halógenos de 400W y 16 reflectores halógenos de 200W, para realizar un correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico se realizó una evaluación de la iluminación requerida, decidiendo emplear reflectores led para mejorar la eficiencia en iluminación; para empezar con el estudio se obtuvieron datos del lugar como ubicación, demanda máxima, radiación solar, luego se procedió a realizar los cálculos para el dimensionamiento de los dispositivos que formarán parte del sistema fotovoltaico; este sistema fotovoltaico se acoplará a la distribución eléctrica actual con la que cuenta el complejo deportivo, para ello se emplearon las normas técnicas nacionales establecidas por el Ministerio de Energía y Minas, para finalizar se realizó la evaluación económica empleando las herramientas financieras del VAN y TIR, evaluando la relación de costo beneficio y determinando la viabilidad del suministro de energía eléctrica para el complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori, empleando un sistema fotovoltaico aislado.

Palabras claves: Radiación solar, máxima demanda, sistema fotovoltaico aislado.

ABSTRACT

This thesis has all the necessary techniques to carry out a feasibility study which will be used to supply electricity to the AA. sports complex. HH. Alberto Fujimori using an isolated photovoltaic system, this sports complex currently has 36 halogen reflectors of 400W and 16 halogen reflectors of 200W, to perform a correct sizing of the photovoltaic system an evaluation of the required lighting was performed, deciding to use led reflectors to improve the lighting efficiency; To begin with the study, site data were obtained such as location, maximum demand, solar radiation, then the calculations for the sizing of the equipment that will be part of the photovoltaic system were carried out; This photovoltaic system will be coupled to the current electrical distribution that the sports complex has, for this the national technical standards established by the Ministry of Energy and Mines were used and finally the economic evaluation was carried out using the financial tools of the VAN and TIR, evaluating the cost benefit ratio and determining the feasibility of the electric power supply for the AA. sports complex. HH. Alberto Fujimori, using an isolated photovoltaic system.

Keywords: Solar radiation, maximum demand, isolated photovoltaic system.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, hacer uso de la energía del sol que proveniente de la radiación solar, es una de las principales fuentes de energía sustentable con la que cuenta nuestro planeta y la cual es utilizada en diferentes países, dentro de ello existen muchos proyectos con tal energía, como es el caso de España que cuenta con una planta solar fotovoltaica que suministra una potencia de 50 kW para su polideportivo instalado en la ciudad de Bilbao, este proyecto es sostenible porque tiene una fuente de energía inagotable como es el sol, el cual es el encargado de irradiar en los paneles solares para que posteriormente esa energía se convierta e ingrese al sistema para ser utilizada, además de esto, con este proyecto se está contribuyendo a aminorar las emisiones de CO₂ (Sabin Anuzita, 2010).

Para el Perú la principal fuente generadora de energía eléctrica con un 50% (centrales térmicas) es el gas a partir del proyecto Camisea, el segundo puesto con un 47% (centrales hidroeléctricas) es el agua y solo el 3% son generadas por medio fuentes de energía renovable, una de las cuales es la energía solar.

Solo el 5% de la matriz energética puede ser proveniente del sol o el viento, siendo esta una barrera que impide el crecimiento de más proyectos de energía renovable, este acuerdo de ley se firmó en año 2013 (Juan Coronado, 2018).

El uso de sistemas fotovoltaicos en nuestro país no es muy promovido, ya que no existe una cultura para el uso de energías renovables. El ministerio de energía y minas (MINEM), en sus programas de electrificación rural busca la igualdad de derechos, a partir del acceso a uno de los servicios básicos como es el uso de la energía eléctrica, mediante estos programas se instala sistemas fotovoltaicos aislados en pueblos muy alejados en donde no llega el suministro de energía eléctrica, llevando consigo desarrollo e inclusión social con la finalidad de bajar los índices la pobreza y aumentar la calidad de vida (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

La Municipalidad Distrital de Chao siendo una entidad pública auspiciadora del progreso local, trae consigo proyectos en: salubridad, vivienda, educación, seguridad y recreación. Dentro de ello la municipalidad trajo para el año 2017 dos proyectos en lo que corresponde a recreación el primero denominado “Mejoramiento de la infraestructura deportiva de la Industrial – localidad de Chao, distrito de Chao - Virú - La Libertad” y el segundo denominado “Creación del complejo deportivo entre las calles Ayacucho (28 de julio) y

Sánchez Carrión (AA.HH. Alberto Fujimori) de la localidad de Chao distrito de Chao - Virú - La Libertad”, estas obras fueron ejecutadas e inauguradas en el año 2018 trayendo consigo gastos administrativos a la municipalidad como pagos por guardianía y energía eléctrica. El pago por la energía eléctrica consumida del complejo deportivo del sector Alberto Fujimori, es un monto que sobrepasa los S/1600 soles mensuales, ya que cuenta con 3 campos deportivos cada uno con 12 reflectores de 400W, 16 Farolas de 200W e iluminación para áreas comunes. El problema principal radica en que esta localidad, está presentando un constante crecimiento, debido a la demanda de personal de las empresas agroindustriales; lo cual genera que exista una mayor demanda de energía eléctrica, generando así constantes interrupciones o cortes de energía eléctrica. Por lo cual en esta tesis se buscará aislar este complejo deportivo del suministro eléctrico, siendo energizado únicamente con energía renovable, y manteniendo la iluminación del complejo deportivo sin interrupciones.

Además, la municipalidad distrital de Chao busca una alternativa de solución: a reducir el pago por consumo de energía o realizar un proyecto con una fuente de energía renovable (M.D.CH. Gestión 2015-2018). En la Figura N°1, podemos apreciar el estado actual del complejo deportivo.



Figura N° 1: Complejo Deportivo AA. HH. Alberto Fujimori

Los antecedentes nos sirven de referencia para establecer las bases de nuestra tesis y orientarnos sobre qué posibles caminos podemos seguir, así que a continuación vamos a mostrar nuestros antecedentes.

López Cesar menciona que mediante el estudio para la implementación de un sistema fotovoltaico, determinó la demanda máxima que requiere el suministro de energía eléctrica del edificio de usos múltiples, esto se hizo identificando el número de equipos eléctricos instalados, la radiación que incide del sol en ese punto, las horas promedio de funcionamiento durante el día y la potencia que genera cada panel por metro cuadrado, en base a ello obtuvo como resultados una demanda máxima de (14 kW), la cantidad de paneles fotovoltaicos (58 paneles), la cantidad de baterías (48 baterías) y demás equipos que forman parte del sistema (LOPEZ, 2017).

Atala Josué menciona que al utilizar energía solar fotovoltaica en el bombeo de agua es una gran alternativa sobre todo en las comunidades rurales y en las partes alejadas del país presentándose como fuente de energía limpia gratuita, no requiere demasiado mantenimiento y es afable con el medio ambiente mediante este sistema de bombeo que tiene como fuente de energía paneles fotovoltaicos, busca abastecer de agua los servicios higiénicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Dimensiono el sistema de bombeo, evaluando la energía que requiere dicho sistema para su operación, evaluando la radiación solar emitida por el sol, el consumo promedio en $\text{m}^3/\text{día}$ de cada persona para poder determinar la característica del equipo de bombeo y posteriormente el total de paneles fotovoltaicos que se requirió para el abastecimiento de energía eléctrica. Mediante la comparación del sistema actual, usando el suministro de energía eléctrica y el sistema de energía renovable con paneles solares; se determinó su rentabilidad en el tiempo, reduciendo el gasto de energía eléctrica consumida y además demostró que se contribuye con la disminución de las emisiones de dióxido de carbono (ATALA, 2015).

Bardales José menciona que la implementación de un sistema fotovoltaico para el centro poblado de Shungun es factible, para las actividades que realizan los pobladores de Shungun Región Amazonas (Iluminación, refrigeración, calefacción, transportes, etc.). Se tuvieron que evaluar diferentes indicadores como: La cantidad de irradiación solar, costos para llevar a cabo el proyecto, cantidad de energía eléctrica que requiere la comunidad, potencia eléctrica consumida de las viviendas. Como resultados muestro que la potencia instalada necesaria fue de 15.68 kW, la radiación solar media diaria mensual fue $4.23 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, el

diseño contó con 54 paneles solares fotovoltaicos, se usó un inversor trifásico, 3 reguladores y 16 baterías de 620 A (BARDALES, 2016).

Valdiviezo Paulo menciona que el diseño de un sistema fotovoltaico aislado, para el abastecimiento de energía eléctrica a 15 computadoras es un proyecto inicial, aplicable como ejemplo para otras universidades, institutos, etc. Estimó la demanda total de consumo de energía eléctrica, identificó el nivel de radiación directa que incide en la universidad, diseñó todo el sistema fotovoltaico y el dimensionó los equipos que formaron parte del sistema. Logro demostrar el uso autosustentable de estas 15 computadoras para la PUCP contribuyendo, así como profesional al incentivo del uso de fuentes de energía renovable y la reducción de gases por efecto invernadero (VALDIVIEZO, 2014).

Cieza Julio menciona que un sistema fotovoltaico es una de las estructuras más versátiles, lográndose adaptar a cada necesidad, así mismo contribuye de manera significativa a aminorar las emisiones de CO₂, en cumplimiento con las obligaciones del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Acuerdo de Paris). Para que el proyecto sea ejecutado se determinó la potencia eléctrica requerida y el número de horas de utilización del sistema de alumbrado en el Hostal Lancelot, en donde se evaluó la radiación solar del lugar, se realizó el diagrama unifilar y por último se elaboró el presupuesto para la instalación del sistema fotovoltaico. Como resultado el autor obtuvo el número de horas de utilización, que fueron 7 en promedio. El Hostal Lancelot cuenta con 138 lámparas y la potencia de cada lámpara es de 18W dando como resultado 17.39 kWh/día, indicándonos el gasto de energía eléctrica diaria del circuito de iluminación. Para la evaluación de la radiación solar se usó el software NASTEC dando un valor mínimo de radiación solar de 4.65 kWh/m²/día. Con respecto al diagrama unifilar se determinó que cada grupo de generadores fotovoltaicos este conformado por seis ramas (2 módulo fotovoltaicos), por lo que es imprescindible una protección contra corrientes inversas en cada rama. Para elaborar el presupuesto fotovoltaico se tuvo en cuenta el suministro de materiales, transporte de materiales, montaje electromecánico, costo directo, gastos generales dando un total de S/. 146 382,20 soles para los 5 pisos más 2 azoteas (CIEZA, 2017).

Lagos Fidel nos dice que mediante la implementación de su sistema fotovoltaico aislado se logra ahorrar energía en el servicio de alumbrado en condominios. Primero definió la carga que se requiere para implementar el sistema fotovoltaico, el nivel de radiación promedio que existe en la región Junín, la posición y el ángulo de inclinación de los paneles solares para

tener una mejor captación de la radiación solar. La dirección de los paneles solares debe ser hacia el norte y el ángulo de inclinación de 42° , la generación de energía del sistema fotovoltaico es de 330 kWh/año (LAGOS, 2015).

Sebastián Ávila menciona que el diseño de un sistema fotovoltaico aislado para una vivienda es considerando una cuestión de gran importancia en la actualidad; por ser este tipo de energía renovable uno de los recursos más abundantes en el mundo. Llego a determinar el perfil de carga, estimó el consumo necesario para una vivienda, estimó las pérdidas, calculó el ángulo óptimo de inclinación de los paneles, calculó la energía extra de recuperación, determinó la cantidad de paneles, dimensionó el banco de baterías, dimensionó el regulador de carga, dimensionó el inversor y estimó los costos del sistema fotovoltaico. El consumo promedio de cada persona es de 1130 Wh/día, la eficiencia del sistema fotovoltaico es de 0.61%, el ángulo de inclinación podrá estar entre 0° y 20° en orientación al sur, la energía extra de recuperación es de un 20% - 404.9Wh/día, se utilizaron 4 paneles, 4 baterías de 12V-220Ah, el regulador de carga fue MTTP de 45A y 1200 Wp nominales, el inversor es un TGP 24A-600W-Emax 92%. Podemos ver como se ha considerado el uso de la peor condición de radiación solar esto muestra que el sistema es seguro en cuanto a generación (SEBASTIAN, 2017).

Martil Ignacio resalta la importancia de la energía solar, mencionando a países como China en donde se instalaron 34,5 GW de potencia solar en 2016, siendo Alemania el país líder de esta fuente energética. El principal problema para la instalación de plantas solares es que requieren extensiones de terrenos muy elevadas, en ese sentido se plantea la posibilidad de evaluar si se podría cubrir la demanda total abasteciendo las necesidades mundiales de energía eléctrica, teniendo como dato el registro del año 2014 el cual fue de 22.657 TWh, mediante el dato antes mencionado el autor nos dice que se necesitaría paneles solares con una eficiencia energética del 12 % considerando todo tipo de pérdidas, los cuales se tendrían que instalar en el desierto de Gahara, esta planta solar ocuparía una área de 144.400 Km². El elemento principal por el cual están formados estos paneles solares es el silicio siendo uno de los recursos que mayor abunda en nuestro planeta y además agrega el crecimiento a largo de los años indicando la potencia instalada registrada para el año 2017, siendo 320 GW (MARTIL, 2017).

Guamán Molina nos indica que, debido al crecimiento rentable y sostenible de un sistema fotovoltaico, sobre todo en lugares aislados o zonas rurales de difícil acceso; existe la

necesidad de implementar un sistema de monitoreo remoto que permita realizar un seguimiento del correcto funcionamiento. En su artículo podemos encontrar como se realizó la implementación de un sistema de monitoreo utilizando software y hardware de código abierto, el cual nos permite revisar en tiempo real los valores de funcionamiento del sistema fotovoltaico (los datos son subidos a internet); logrando obtener valores como: la magnitud de voltaje del panel, el voltaje y corriente de la batería. Los valores medidos permiten calcular la potencia generada por el sistema fotovoltaico (GUAMÁN Molina, y otros, 2016).

Herrera Laura muestra cómo realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, dentro de ello evalúa el cálculo de las características del panel fotovoltaico, dimensionamiento de sistemas aplicado a los perfiles de carga típicos de diferentes sectores en la ciudad de Medellín, cálculo del sistema de almacenamiento y por último realiza un análisis de costos y viabilidad. En los cuales determina aplicando cálculos, la cantidad de paneles, la cantidad de baterías y a la vez hace comparaciones de consumo de energía tomando como ejemplo un restaurante indicando que este necesita 79 paneles solares y 15 baterías en serie, el cual se suministra por una fuente de energía convencional, está la compara con una fuente de energía solar. Presentando en este mismo ejemplo dos tipos de casos. Caso 1, solo con paneles solares y caso 2, sistema de paneles solares más baterías. Ambos casos los presenta como viables siendo más rentable el caso de implementar solo los paneles, esto se debe a la corta vida útil de las baterías y el elevado costo que representan (HERRERA, y otros, 2013).

Rivera Harry realizó la implementación de un sistema fotovoltaico en el distrito de San Borja, para aprovechar la energía solar durante los meses de verano, en este resalta a la energía solar como uno de los recursos energéticos menos aprovechados por el sector eléctrico en el Perú. Usando un GPS Garmin, estableció la altura y latitud donde se implementó el sistema fotovoltaico, 170 msnm y 12.1° sur, indicando que estos datos son fundamentales para determinar otros parámetros, como la declinación terrestre diaria, la radiación global terrestre, la radiación solar sobre una superficie horizontal; para determinar la radiación solar horaria por día, utilizó una estación meteorológica inalámbrica y para conocer la demanda eléctrica diaria identificó todos los equipos que están dentro de una vivienda, teniendo un consumo por día de 1211 Wh/día, la cual fue suplida por energía fotovoltaica, la potencia solar incidente durante los 3 meses fue de 975,88 kW/m² y durante esos mismos tres meses la vivienda dejó de emitir 6.37kg de CO₂ hacia la atmosfera, nombrándola como casa ecológica (RIVERA, y otros, 2016).

Berríos Luis da a conocer las dificultades que existen para establecer una red inteligente o Smart Grid, tanto para fuentes de generación de energía eléctrica convencional como para fuentes renovables. Este se destaca por el manejo de información de los datos de control y eléctricos, el cual permite detectar las pérdidas que no fueron consideradas dentro del sistema; además de mejorar las redes y reducir las pérdidas de energía; también se puede conectar y desconectar de manera remota a los clientes; además de establecer la potencia del suministro remotamente; integrar la generación distribuida, tales como (*RES-Renewable Energy Sources*) a gran escala, que pueden entregar energía a la red y aminorar el impacto negativo sobre el medio ambiente, etc. El autor se enfocó en un sistema fotovoltaico aislado, utilizó el Smart Grid para controlar la carga y descarga de las baterías; debido a que las baterías dentro de un sistema fotovoltaico tienen un costo que oscila entre el 15-50% del proyecto en conjunto (BERRÍO, y otros, 2014).

Para tener una base o referencia sobre los conceptos tratados en la presente tesis, vamos a mostrar la fundamentación teórica como un alcance en general sobre los diferentes temas.

- **Tipos de radiación solar**

Tobajas Carlos nos dice que la radiación es el resultado de la separación de la radiación solar que se da sobre un receptor y que está separado en tres componentes como se observa en la figura N°2 (TOBAJAS, 2005):

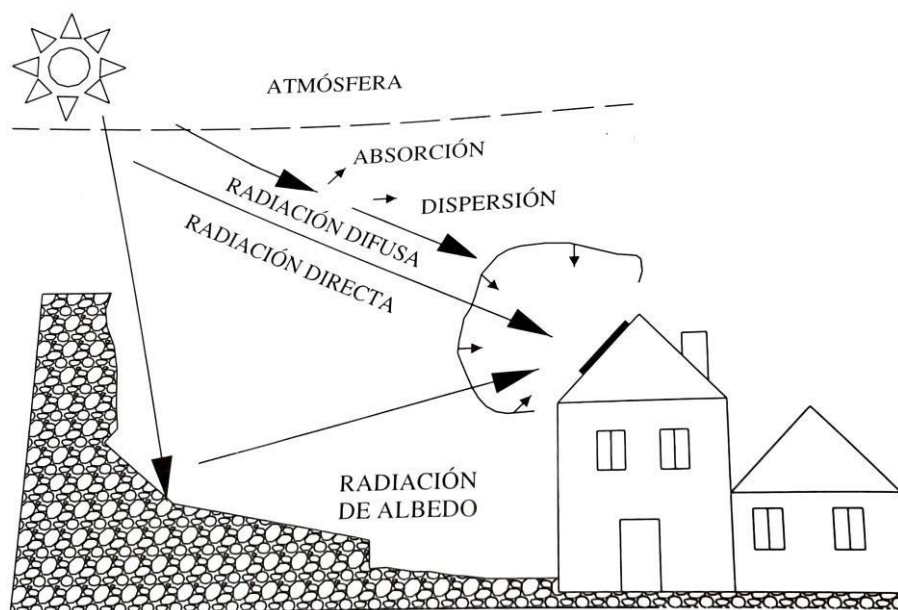


Figura N° 2: Composición de la radiación solar (TOBAJAS, 2005).

- **Radiación directa:** Comprende los haces de rayos que se reciben en línea recta del sol.
- **Radiación difusa:** Procedente de todo el cielo, excluyendo la recibida directamente del sol.
- **Radiación de albedo:** Es la radiación que refleja la superficie del suelo.

Además, podemos decir que la radiación total es el resultado de sumar las tres radiaciones antes mencionadas (directa, difusa y albedo).

- **Azimut**

Según (TOBAJAS, 2005), está constituido por la proyección de una línea horizontal perpendicular a la superficie captadora y la línea que pasa por el sur geográfico, llamada meridiano del lugar, esto forma un ángulo que llamaremos azimut, como se observa en la figura N°3:

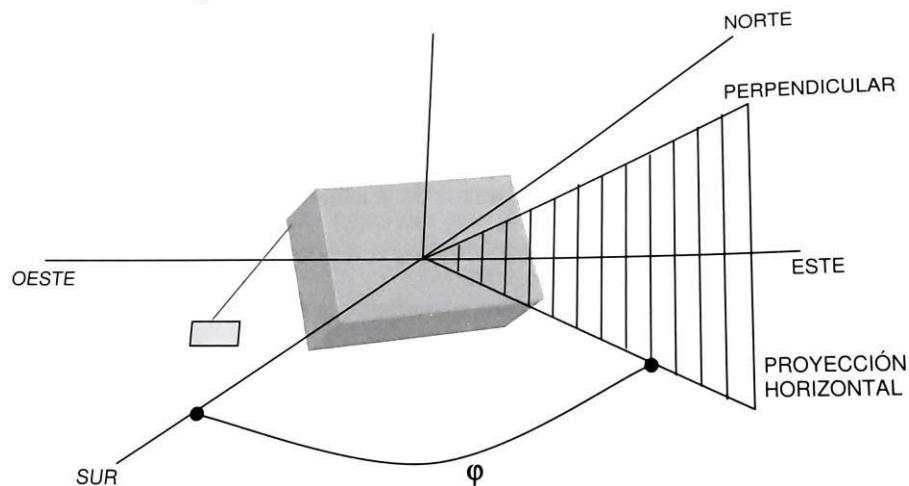


Figura N° 3: Azimut (TOBAJAS, 2005).

- **Medidores de radiación solar**

En la Figura N°4 podemos encontrar 3 tipos de medidores de radiación:



Figura N° 4: Piranómetro, pirheliómetro y célula calibrada (CASA, y otros, 2012).

- **El piranómetro:** Dispositivo que sirve para medir la radiación global (la directa más la difusa), por lo general sobre una superficie horizontal (CASA, y otros, 2012).
- **El pirheliómetro:** Este instrumento se enfoca directamente hacia el Sol para medir la radiación directa. Debe contar con un sistema de movimiento para seguir el Sol con gran precisión (CASA, y otros, 2012).
- **Las células calibradas:** Son dispositivos que fueron puestos a prueba en un laboratorio para establecer una relación proporcional entre la radiación solar (de manera artificial) que reciben y la producción de energía eléctrica (CASA, y otros, 2012).

- **Fuentes de energía renovable**

Son fuentes de energía que tienen como característica principal que pueden recuperarse a una velocidad similar o superior al que son extraídas, por eso decimos que son fuentes de energía inagotable y pueden ser obtenidas de fuentes naturales como son: la energía hidráulica, la energía eólica y la energía solar, la energía undimotriz, entre otras (VELASCO, 2009).

- **Conversión de energía y eficiencia de conversión**

El primer principio de la termodinámica nos dice que la cantidad total de energía se va a mantener constante para cualquier transformación de energética. Pero cuando se realiza la conversión de una forma de energía a otra, la energía útil resultante siempre es menor, esto es debido a que parte de esta energía final se ha convertido en energía menos productiva, a la que le denominaremos eficiencia o rendimiento del proceso. Siendo la eficiencia igual a la energía útil entre la energía total del proceso (VELASCO, 2009).

$$\eta = E_u/E_t \dots \text{(Ecuación 1)}$$

- **Consumo energético**

Para mantener operativas las sociedades modernas con sus industrias, es necesario el uso de cantidades desmesuradas de energía. Siendo utilizado para la combustión en su mayoría los combustibles fósiles (gas natural, carbón y petróleo), sabemos que estos recursos tienen fuentes agotables. El uso de estos combustibles está generando un incremento de los gases de efecto invernadero (óxido nitroso, dióxido de carbono y metano); generando efectos colaterales como la lluvia ácida y la contaminación de los mares con residuos de petróleo (VELASCO, 2009).

- **Una posible solución: Las fuentes de energía renovable**

La sociedad actual pone en manifiesto la urgencia por encontrar soluciones a los problemas del uso de energías no renovables. Debido a la gran demanda de energía requerida que siempre va en aumento y sabiendo que las fuentes son agotables se tiene una especial consideración por el empleo de estas energías renovables como una mitigación. Entre las fuentes donde se originan las energías renovables tenemos: el calor interno de la tierra, la rotación de la tierra, el sol y la gravedad. La radiación visible que llega a la tierra una parte puede ser transformada en energía eléctrica mediante dispositivos fotovoltaicos, en la Figura N°5 se muestra el ciclo de la energía renovable partiendo de la radiación solar (VELASCO, 2009).

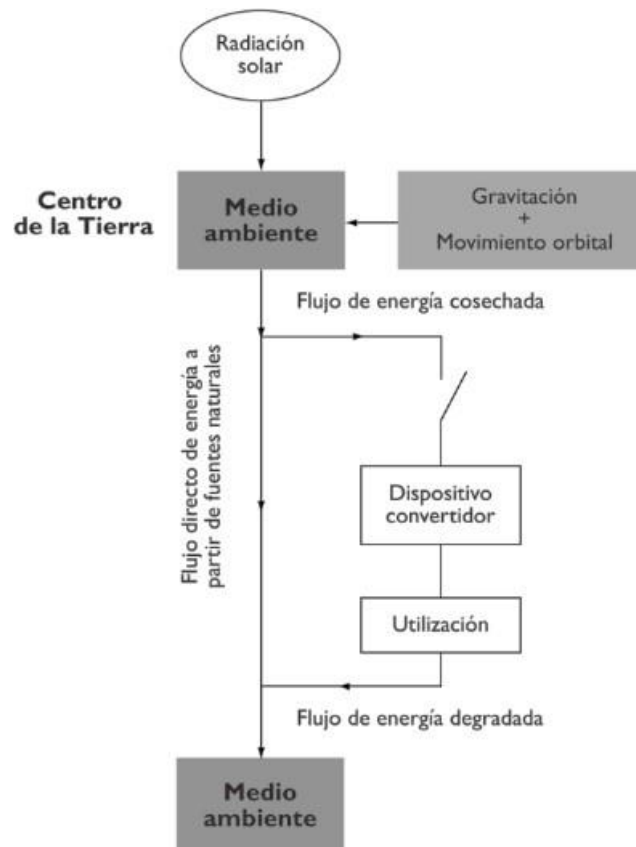


Figura N° 5: Aprovechamiento de las energías renovables (VELASCO, 2009)

- **Energía solar**

Se obtiene mediante el aprovechamiento de la radiación emitida por el sol, para ser aprovechada debe ser transformada por equipos como: Captadores solares térmicos o módulos fotovoltaicos (MADRIDSOLAR, 2006).

- **Radiación solar**

Son reacciones nucleares de fusión que se originan en la superficie del sol, generando radiaciones electromagnéticas, las cuales son transmitidas a la superficie terrestre y su unidad de medida es “ W/m^2 ” (CANTOS, 2016).

La radiación recibida por el módulo fotovoltaico es la sumatoria de las siguientes radiaciones: difusa, reflejada y directa, la cuales en conjunto se denomina radiación global. La cantidad total de radiación global llega a ser afectada por los siguientes factores: Claridad atmosférica, humedad, nubosidad y latitud. (STYLE, 2012):

- **Irradiancia**

Es una cantidad empleada para calificar la radiación solar e irradiancia. Se trata de una unidad de potencia por área, como se sabe la potencia es una cantidad física que expresa la energía al ser transportada en un intervalo de tiempo. Normalmente se expresa en W/m^2 (Watt por metro cuadrado). En la siguiente imagen podemos ver el perfil de la irradiación solar a lo largo de un día, en la Figura N°6 podemos apreciar que el pico máximo de irradiación solar se da al medio día (VILLALVA, 1983).

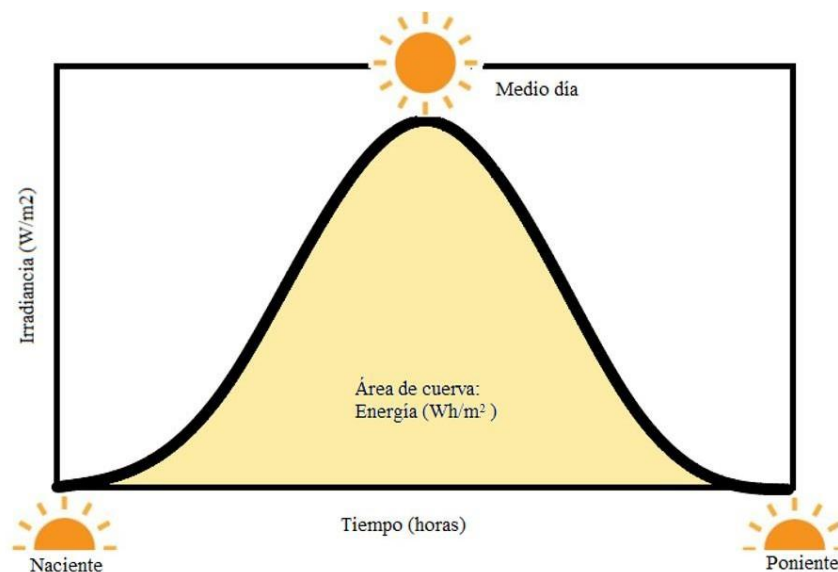


Figura N° 6: Perfil de la irradiación solar a lo largo de un día (VILLALVA, 1983).

- **Insolación**

Es la cantidad empleada para expresar la energía solar que incide sobre una determinada área o superficie plana a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Es la medida de energía por metro cuadrado, normalmente se expresa en $Wh/m^2/día$ (Watt-hora-metro

cuadrado-día). En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de cómo incide la energía del sol sobre una determinada área en un intervalo de tiempo, en la Figura N°7 podemos ver como la energía solar se emite sobre una superficie (VILLALVA, 1983).

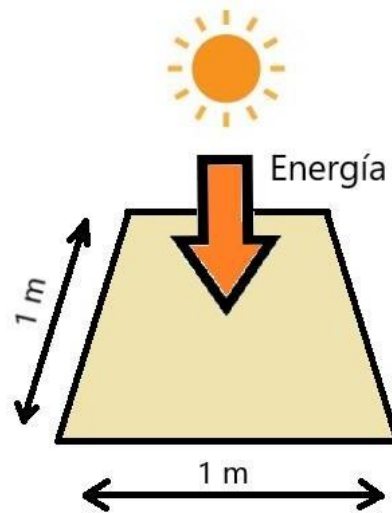


Figura N° 7: Incidencia del sol sobre una determinada área en un intervalo de tiempo (VILLALVA, 1983).

- **Tipos de instalaciones**

Tenemos dos tipos: conectados a la red y autónomos.

- **Instalación conectada a la red eléctrica**

Para estos sistemas se prescinde del regulador y de las baterías. Se le añade un contador para saber la energía que se vende a la compañía eléctrica como se puede apreciar en la Figura N°8 (CASA, y otros, 2012).

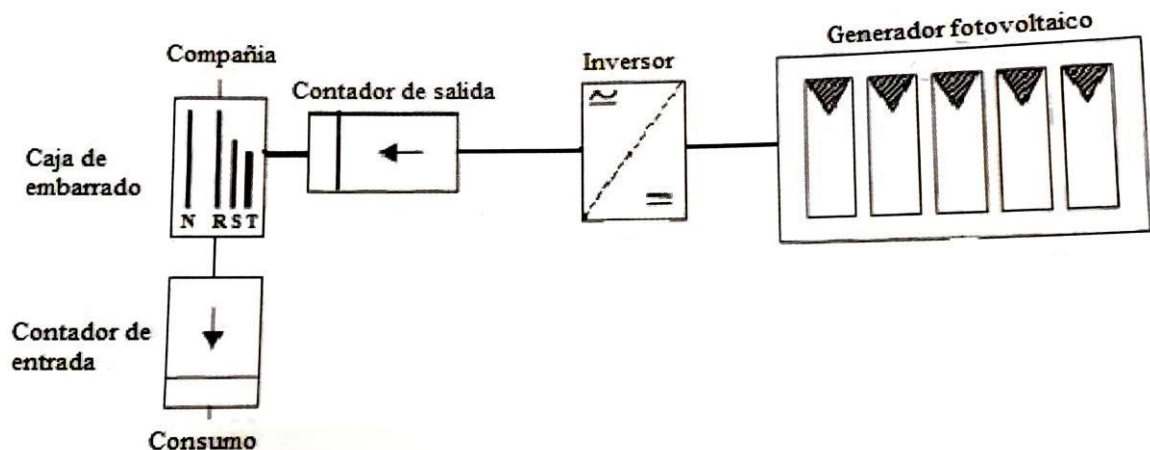


Figura N° 8: Instalación conectada a la red de distribución (CASA, y otros, 2012).

Funcionamiento: Toda energía generada por los módulos se lleva al inversor que se encarga de convertir a corriente alterna y de adaptar a las características eléctricas que tiene la red eléctrica.

Se utiliza en la venta de energía a la compañía eléctrica.

- **Instalación autónoma**

Según (CASA, y otros, 2012), los dispositivos con los que debe contar este tipo de instalación son:

- a) Módulos, paneles o generadores: Transforman la irradiancia del sol en energía eléctrica continua (kWh o kJ)
- b) Regulador: Se encarga de controlar las sobrecargas y las descargas para que no dañen los dispositivos.
- c) Acumuladores: Son las baterías se encargan de almacenar energía y brindarla cuando no están funcionando los paneles solares.
- d) Cargas: El consumo que conectamos en continua o alterna.
- e) Protecciones: Aunque no están en el esquema, se utilizan para prevenir daños a los elementos de la instalación y a las personas.

En la Figura N°9 podemos ver los componentes por los cuales está conformado este tipo de instalación

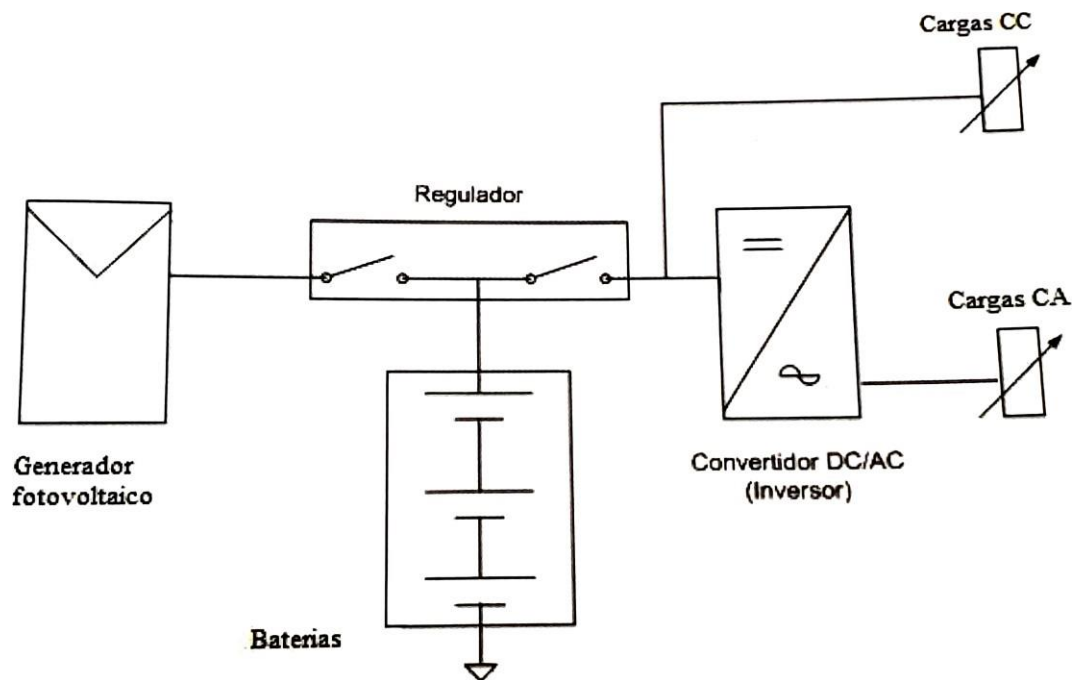


Figura N° 9: Instalación autónoma (CASA, y otros, 2012).

Los lugares más empleados por este tipo de sistemas son:

- a) Casas de campo aisladas o con fines medioambientales, barcos, caravanas, etc.
- b) En juguetes, usos domésticos como relojes, linternas, etc.
- c) Señales de tráfico, iluminación pública, parquímetros, etc.

- **Componentes que conforman un sistema fotovoltaico**

Los sistemas fotovoltaicos están conformados por:

- **Paneles solares**

Una célula de silicio monocristalino de 100cm^2 típica genera una corriente de unos 3 amperios a 0.5 voltios para llegar a producir más de los 12 voltios necesarios para cargar una batería de plomo, es necesario unir unas 30 células en serie ($30 \times 0.5 = 15\text{V}$) en un módulo. Los paneles solares suelen consistir de 36 células en serie. Es también un componente que forma parte del sistema fotovoltaico y tienen la función de convertir la radiación solar recibida en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico que se produce. Está conformado por células fotovoltaicas que al exponerlas a la irradiancia del sol estas generan una corriente eléctrica y el material con el que son fabricados suelen ser de silicio cristalino (c-Si) o arseniuro de galio (GaAs), en la Figura N°10 se muestra el panel solar, este recibe la radiación solar para transformarla en energía eléctrica (VELASCO, 2009).

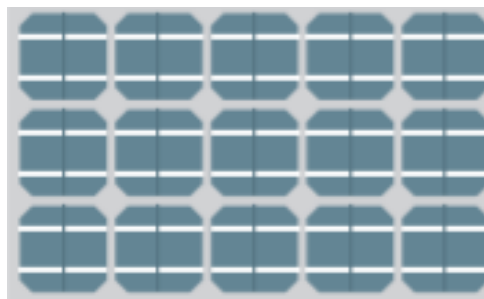


Figura N° 10: Panel solar (VELASCO, 2009).

- a) **Paneles solares policristalinos**

Son láminas cortadas de una barra de silicio, tiene una estructura desordenada y forma pequeños cristales, se reconocen físicamente por presentar en su superficie un aspecto granulado. Presentan con una eficiencia más baja que los monocristalinos (tienen un rendimiento del 19.8%, mientras que los paneles comerciales son del 14%, probados en laboratorio) su precio es más económico, en la Figura N°11 podemos encontrar un panel constituido por células de silicio policristalino (FERICHOLA, 2009).



Figura N° 11: Panel policristalino de silicio (FERICHOLA, 2009).

b) Panel solar monocristalino

Son piezas cortadas de una barra de silicio que ha sido cristalizado perfectamente en una sola pieza. Alcanza una eficiencia máxima de hasta un 24.7% para esta categoría de paneles, los paneles comerciales logran un rendimiento del 16%. En la Figura N°12 podemos observar un panel monocristalino (FERICHOLA, 2009)



Figura N° 12: Panel solar formado por células de silicio monocristalino (FERICHOLA, 2009).

c) Panel solar amorfo

El silicio se ha depositado de manera que forme una ligera capa, además que no cuentan con una estructura cristalina ordenada. Son visualmente diferenciados ya que presentan colores característicos como el gris oscuro y marrón. Se utilizan en calculadoras y otros pequeños objetos. El rendimiento no sobrepasa el 9% en modelos comerciales (CASA, y otros, 2012).

- Baterías

Cumplen la función de almacenar energía eléctrica DC en forma química, para ser utilizada cuando se requiera, su capacidad está dada en amperios-hora (Ah), las baterías de plomo ácido son las más utilizadas ya que cuentan con un ciclo profundo (capacidad para descargarse sin afectar la vida útil de la batería) (SULLIVAN, y otros, 2015).

a) Baterías de vaso abierto

Se asemejan a las que son utilizadas en los automóviles, pero a diferencia de ellas estas baterías están preparadas para trabajar en ciclo profundo y están compuestas por placas de plomo tanto positivas como negativas, estas placas están cubiertas por una solución electrolítica de ácido sulfúrico y agua, en la Figura N°13 podemos ver una batería de vaso abierto (SULLIVAN, y otros, 2015).



*Figura N° 13: Batería de plomo – ácido
(SULLIVAN, y otros, 2015).*

b) Baterías selladas

Es un batería hermética consideradas libres de mantenimiento ideales para uso en lugar lejanos, además el electrolito que emplean está en un estado gelificado por lo que es difícil que ocurra algún derrame (SULLIVAN, y otros, 2015).

Es necesario el empleo de un controlador para poder monitorear las baterías de plomo ácido y evitar una excesiva descargas o sobrecargas, ya que la tensión aumenta cuando se carga y disminuye cuando se descarga, en la Figura N°14 podemos ver una batería sellada (SULLIVAN, y otros, 2015).



*Figura N° 14: Batería de plomo – ácido sellada
(SULLIVAN, y otros, 2015).*

- **Regulador**

Es el equipo encargado de regular el voltaje, siendo su función principal evitar una sobrecarga en la batería y excesiva descarga, por el empleo de la carga, en la Figura N°15 podemos ver un regulador (SULLIVAN, y otros, 2015).



Figura N° 15: Controlador de voltaje, función principal regular el voltaje de salida (SULLIVAN, y otros, 2015).

- **Inversor**

Es el equipo que por medio de las baterías recibe corriente directa DC y debido a que la gran mayoría de cargas de consumo son de corriente alterna, este cumple la función de hacer esa conversión de corriente directa a corriente alterna, en la Figura N°16 podemos ver un inversor (SULLIVAN, y otros, 2015).



Figura N° 16: Inversor, su función es convertir DC a AC (SULLIVAN, y otros, 2015).

- **Cableado del SFV**

El conductor para sistemas fotovoltaicos se diferencia en el material conductor y aislante que generalmente son de cobre o aluminio, debido a la corriente directa que fluye en una sola dirección y al bajo voltaje que utiliza. A diferencia de los utilizados para corriente alterna (SULLIVAN, y otros, 2015).

- **Máxima demanda o perfil de carga**

Esta información nos muestra los consumos y los accionamientos instalados, que nos van a servir para calcular la potencia y a energía empleada. (SALAMANCA-ÁVILA, 2017).

- **Estudio de factibilidad**

Es una herramienta que se utiliza para poder conocer la viabilidad de un plan de inversión, determinado su fracaso o éxito y su análisis se realiza mediante los siguientes parámetros el VAN y el TIR (EROSSA, 2004).

a) VAN

Es el valor neto actual, este indica el valor de la inversión y se usa para decidir la viabilidad de un proyecto (DIAZ, 2006).

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+K)^1} + \frac{FNC_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+K)^n} \dots \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

A: Costo inicial o también llamado capital invertido.

FNC: Es el flujo neto de caja al final de cada periodo (año, mes, etc.).

K: Tipo de actualización.

Al medir esta variable nos indica si un plan de inversión es rentable cuando el VAN es positivo, esto significa que la suma de todos los flujos de caja valorizados en el primer año supera el costo inicial y si analizamos diferentes variables, la más rentable será la que presente el mayor VAN (CANTOS, 2016).

b) TIR

Es la tasa interna de retorno este hace que el VAN de la inversión de un proyecto sea igual a cero, es decir iguala los ingresos con el costo inicial que se realizó (DIAZ, 2006).

$$TIR = -A + \frac{FNC_1}{(1+r)^1} + \frac{FNC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+r)^n} \dots \text{ (Ecuación 3)}$$

Al calcular este parámetro analizaremos si la inversión es rentable, si el TIR obtenido es mayor al tipo de interés que se aplica a la inversión, se recomienda la que ofrezca un mayor TIR (DIAZ, 2006).

- **Diagrama de Flujo del estudio.**

En la Figura N°17 se muestra la secuencia con la que se trabajará en la presente tesis (Méndez, 2017).

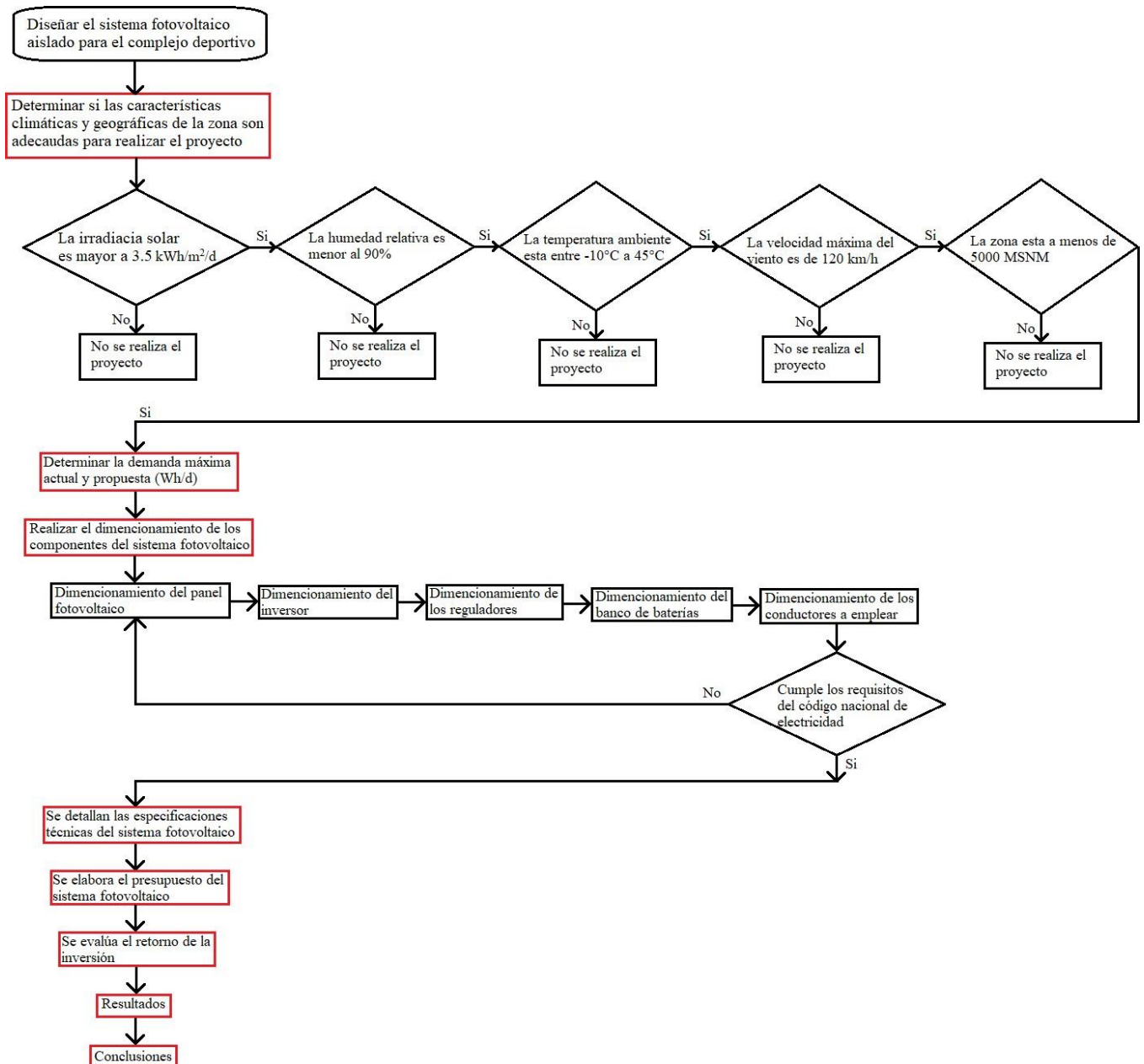


Figura N° 17: Diagrama de Flujo para el sistema fotovoltaico (Méndez, 2017).

Terminada la fundamentación teórica donde se vieron diferentes aspectos relacionados a la presente tesis, se procede a presentar la formulación del problema.

¿Cómo realizar el estudio de factibilidad para la instalación de un sistema fotovoltaico como suministro de energía eléctrica para el complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori?

La importancia de utilizar la energía solar como fuente de suministro de energía eléctrica es justificable ya que es una fuente de energía renovable e inagotable. Existen diferentes tipos de justificaciones necesarias para validar una tesis, a continuación, vamos a mostrar nuestras justificaciones:

- **Justificación técnica**

En nuestro país el nivel de radiación para la Costa oscila entre 5.0 a 6.0 kWh/m², según el atlas solar presentado por el Ministerio de Energía Minas, este resalta el alto potencial fotovoltaico con el que podrá contar el presente proyecto para generar energía eléctrica y sobre todo energía limpia.

- **Justificación económica**

El presente proyecto será económicamente justificable a mediano plazo, ya que un sistema fotovoltaico tiene una vida útil que varía entre los 20 – 25 años, inicialmente se realizará una sola inversión y posteriormente un mantenimiento periódico.

- **Justificación social**

A nivel social es un proyecto innovador, justificable por todo un distrito ya que contarán con un complejo deportivo en donde las interrupciones del servicio eléctrico previstas o no previstas no afectara el abastecimiento de energía eléctrica, logrando ser un centro recreativo sostenible.

- **Justificación ambiental**

Este sistema fotovoltaico como generador de energía eléctrica no contaminara y reducirá el uso de combustibles fósiles, en ese sentido se estaría contribuyendo a la reducción de emisiones de CO₂. Es una fuente de energía sustentable.

Con la información recopilada anteriormente, podemos realizar el planteamiento de la hipótesis para iniciar la investigación.

El estudio de factibilidad permitirá conocer si el sistema fotovoltaico como suministro de energía eléctrica es factible técnica y económicamente, para el complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori.

Los objetivos nos permiten plantearnos metas a futuro para poder así llegar a una conclusión, por lo tanto, nuestros objetivos serán:

- **Objetivo general**

Realizar el estudio de factibilidad técnico y económico de un sistema fotovoltaico como suministro de energía eléctrica para el complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori.

- **Objetivos específicos**

1. Conocer el nivel de radiación solar mínimo y máximo emitido en esa determinada área, mediante el sistema de coordenadas UTM.
2. Calcular la demanda máxima (Potencia instalada y consumo energético) que requiere el complejo deportivo.
3. Identificar y dimensionar los equipos que formaran parte del sistema fotovoltaico.
4. Realizar la evaluación económica indicando la factibilidad del proyecto.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación**

La presente tesis se presenta como Investigación exploratoria, ya que se busca encontrar todas las pruebas relacionadas al objeto de estudio con el fin de realizar una investigación completa.

- **Diseño de investigación**

La presente tesis se presenta como un diseño no experimental debido a que se está realizando una recolección de datos, los cuales van a ser analizados y procesados para obtener resultados planteados de manera descriptiva.

2.2. Variables y operacionalización

- **Variable dependiente**

Suministro de energía eléctrica, ya que tomamos estos datos como punto de partida.

- **Variable independiente**

Estudio de factibilidad, ya que estos datos pueden variar y ajustarse al presupuesto requerido.

- **Operacionalización de Variables**

Para la operacionalización de variables vamos a emplear 2 tablas donde mostraremos la variable independiente y dependiente.

En la Tabla N°1 podemos ver el estudio de factibilidad como variable independiente.

Tabla 1: *Variable Independiente.*

VARIABLE INDEPENDIENTE				
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Estudio de factibilidad	Es una instrumento que se usa para guiar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y es utilizada en la última fase pre-operativa de formulación del proyecto y sirve para identificar las posibilidades de implementar un proyecto de inversión (EROSSA, 2004).	Estudio Técnico: Comprende en hacer la evaluación de todo el sistema fotovoltaico en conjunto, determinando el nivel de radiación y la demanda máxima.	Radiación solar emitida.	Razón
		Estudio Económico: VAN. Mide el valor que tendrán todos los ingresos y costos en el momento actual. TIR. Encuentra la tasa de descuento para la cual se igualan los ingresos actualizándolos a los costos. Costo beneficio: Es un análisis adicional el cual se realiza con el fin de saber si los beneficios del proyecto son superiores a los costos.	Costos para implementar el proyecto.	Razón

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°2 podemos ver el suministro de energía eléctrica como variable dependiente.

Tabla 2: *Variable Dependiente.*

VARIABLE DEPENDIENTE				
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Suministro de energía eléctrica	Comprende varios ámbitos desde la generación, el transporte hasta la distribuir la energía eléctrica (Méndez y Cuervo, 2007).	Generación de energía eléctrica.	Demanda máxima de energía eléctrica que requiere el complejo deportivo.	Razón
		Distribución y dimensionamiento de energía eléctrica en el complejo deportivo.	Potencia de los equipos.	Razón

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

- **Población**

En la presente tesis se tomará como población a los dos complejos deportivos públicos que están dentro del casco urbano del distrito de Chao.

- **Muestra:**

Como muestra se tomará al complejo deportivo Alberto Fujimori,

- **Técnica de muestreo:**

Muestreo probabilístico - Aleatorio simple.

- **Instrumento:**

Para el instrumento se elaboró una hoja o ficha de registro de datos, el cual nos ayudó a elegir nuestro complejo deportivo como muestra.

Tabla 3: *Ficha de Registro.*

FICHA DE REGISTRO - PROYECTO DE ENERGÍA RENOVABLE POLIDEPORTIVO			
ENCUESTADO:		DNI:	
DIRECCIÓN:		FECHA:	
PREGUNTAS			
1	¿Cómo catalogas el servicio de energía eléctrica del proyecto especial Chavimochic?	BUENO	REGULAR
2	¿Te gustaría contar con un centro recreativo sostenible en energía eléctrica?	SI	NO
3	¿Estás de acuerdo que la municipalidad distrital de chao invierta en un proyecto de energía renovable en uno de sus polideportivos?	SI	NO
4	¿De los dos polideportivos que están dentro del distrito de chao, en cual crees tú que se debería de implementar un proyecto de energía renovable?	A	B
A: POLIDEPORTIVO ALBERTO FUJIMORI		B: POLIDEPORTIVO LA INDUSTRIAL	

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

Para la obtención de datos se aplicarán las siguientes técnicas, las cuales resaltarán aspectos importantes de la presente tesis.

- **Datos para obtención de máxima demanda**

Para la obtención de la demanda máxima es necesario llevar a cabo una visita en campo, para tomar datos de los equipos instalados y llevar a cabo una tabulación de estos.

- **Datos de radiación**

Para poder conocer estos valores, primero se realizará un plano de ubicación del polideportivo en donde se detallan las coordenadas mediante el sistema WGS-84. Estas coordenadas las introduciremos en la página “POWER Data Access Viewer” en donde se tendrá que configurar el parámetro de radiación que se quiere obtener, esta página nos brindara toda una base de datos indicando los niveles de radiación mínimos y máximos que se dan durante el año expresado en (kWh/m²/día).

2.5. Método de análisis de datos

Se utilizará el método de visualización de datos ya que, con los datos obtenidos, se procederá a utilizar hojas de cálculo Excel, con las cuales se organizará y ordenará la información para su análisis posterior.

2.6. Aspectos éticos

- **Derecho de autor**

El decreto legislativo N° 822 - ley sobre el derecho del autor. En vista de ser una investigación y parte de esta información en la presente tesis es extraída y analizada de estudios anteriores, en ese sentido se respetará la procedencia y se resaltará a los autores.

- **Acceso a la información**

Dentro de la municipalidad distrital de Chao tengo el acceso y el permiso a toda la información correspondiente que me sirva de ayuda para poder elaborar la presente tesis.

- **Autorización**

Tengo la autorización formal por parte del gerente de infraestructura desarrollo urbano y rural, para poder realizar las visitas que sean necesarias para la recopilación de información, pruebas y mediciones correspondientes al complejo deportivo Alberto Fujimori.

III. RESULTADOS

3.1. Requisitos de diseño

i. Requisitos de la ubicación

Para realizar correctamente la instalación y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo, se debe conocer la ubicación exacta donde se desea implementar, teniendo en cuenta: Las actividades realizadas dentro del complejo deportivo, la ubicación geográfica, la potencia instalada y la radiación emitida en dicho lugar.

La ubicación donde se desea implementar el proyecto se encuentra en la zona urbana del distrito de Chao provincia Virú departamento La Libertad – Perú, a una latitud $-8^{\circ}32'19''$ Norte, longitud de $-78^{\circ}40'27''$ Oeste, sobre los 240 msnm, como se aprecia en la figura N°18. El clima en Chao es un clima desértico. No hay virtualmente ninguna lluvia durante todo el año en Chao. La temperatura media anual en Chao se encuentra a 18.8°C .



Figura N° 18: Mapa de Chao con la ubicación del complejo deportivo.

El complejo deportivo cuenta con una superficie adecuada para la instalación del generador fotovoltaico, 2 vestidores de 52 m^2 ($20\text{m} \times 2.6\text{m}$) que hacen un total de 104m^2 , esta superficie se encuentra en la cara sur y tienen un ángulo acimutal de sesenta grados. Ver figura N° 19.



Figura N° 19: Plano de ubicación del complejo deportivo

Emplearemos la siguiente ecuación, para hallar el ángulo de inclinación óptimo:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |\phi| \dots \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde:

β_{opt} : Es la inclinación óptima para los paneles solares.

ϕ : Es la latitud del lugar

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 | - 8.53 |$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 (8.53)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 5.89$$

$$\beta_{opt} = 9.59^\circ$$

En la siguiente tabla podemos encontrar el ángulo de inclinación fijo que debe tener nuestro panel según nuestra latitud, sabemos que nuestra latitud es de -8.53° lo que nos lleva a considerar un ángulo de inclinación fijo de 15° como ángulo mínimo, ver Tabla N°4, ya que si fuera menor podría acumular polvo fácilmente y el agua de lluvia podría empozarse y terminar reduciendo la eficiencia del panel.

Tabla 4: *Tabla de inclinación para panel solar.*

Latitud del lugar (en grados)	Ángulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5°
30° a 35°	Latitud más 10°
35° a 40°	Latitud más 15°
40° o más	Latitud más 20°

Fuente: Curso energía solar.

Por lo tanto, nuestro ángulo de inclinación será de: $\beta = 15^\circ$, con un azimutal de: $\gamma = 60^\circ$, las estructuras serán montadas en las superficies superiores de los 2 vestidores, en la Figura N°20 podemos ver la forma como se dispondrá de los paneles.

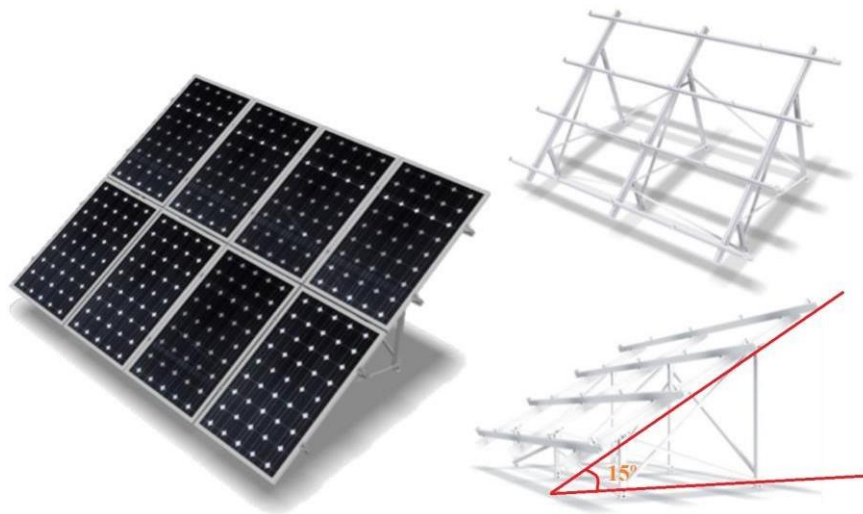


Figura N° 20: Estructura para soporte de paneles

ii. Requisitos de la instalación

El sistema de generación autónomo se piensa implementar como una mejora para el complejo deportivo AA. HH. Alberto Fujimori, el cual es usado principalmente para realizar diferentes deportes como: fútbol, básquet y vóley, aunque a veces se realizan eventos culturales.

Para este complejo deportivo el consumo principal son los reflectores los cuales iluminan los campos deportivos, estas cargas son fijas ya que su consumo no va a

variar y como cargas variables que es el circuito de tomacorrientes se va a estimar una potencia promedio, en la siguiente Tabla N°5 se muestran los cuadros de máxima demanda actual y final.

Tabla 5: *Tabla de Distribución de Cargas*

CUADRO DE DEMANDA MÁXIMA ACTUAL				
Aparatos	Cantidad (unid)	Potencia (W)	Uso día (h/d)	Consumo día (Wh/d)
Reflectores Halógenos de 400W	36	14400	6	86400
Farolas Halógenas de 200W	16	3200	6	19200
Lámparas Led de 13W	21	273	6	1638
Electrobomba de ½ HP	1	373	1.5	559.5
Circuito de tomacorrientes	10	1500	6	9000
TOTAL		19746		116797.5
CUADRO DE DEMANDA MÁXIMA FINAL				
Aparatos	Cantidad (unid)	Potencia (W)	Uso día (h/d)	Consumo día (Wh/d)
Reflectores Led de 300W	20	6000	6	36000
Reflectores Led de 200W	2	400	6	2400
Lámparas Led de 13W	21	273	6	1638
Electrobomba de ½ HP	1	373	1.5	559.5
Circuito de tomacorrientes	10	1500	6	9000
TOTAL		8546		49597.5

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°5 podemos ver el cuadro de demanda máxima actual, en el cual observamos los dispositivos y el consumo actual del sistema. Además, se está presentando un segundo cuadro con una mejora en ahorro energético usando reflectores LED y a la vez se está mejorando la eficiencia de la iluminación; para efectos de cálculo, la demanda máxima que vamos a usar será de 49597.5 Wh/día.

iii. Estado actual del complejo deportivo en iluminación

Actualmente dentro del complejo deportivo las canchas de fútbol se encuentran iluminadas por reflectores halógenos cada campo cuenta con 3 reflectores por poste, haciendo un total de 12 reflectores por campo. Algunos de estos reflectores se encuentran averiados debido a las fluctuaciones de voltaje y cortes inopinados que se dan, mostrando una iluminación deficiente en los campos deportivos en la Figura N°21 y 22 se muestran la vista que se realizó al complejo deportivo y el estado actual de las luminarias.



Figura N° 21: Visita en campo para ver el estado actual de la iluminación.



Figura N° 22: Cantidad de reflectores instalados por poste.

Reflector instalado actualmente

En la Figura N°23 podemos ver el modelo del reflector instalado actualmente.

1. Marca: Philips
2. Potencia: 400W
3. Vida Útil: 12000 h
4. Eficiencia luminosa: 55 Lm/W

5. Material: metal/vidrio
6. Tipo de rosca: E40
7. Tipo de tecnología: Halógeno
8. Frecuencia: 60 Hz
9. Voltaje: 220 V
10. IP: 65



Figura N° 23: Reflector halógeno actual instalado (Philips, 2019).

iv. Mejora en iluminación del complejo deportivo

Esta mejora se enfoca en cambiar los reflectores que son de tecnología halógena por reflectores de tecnología led mejorando así la eficiencia luminosa de cada campo deportivo en función a su área a iluminar.

Reflector Propuesto

En la Figura N°24 podemos ver el modelo del reflector propuesto.

1. Marca: Daxso
2. Potencia: 300W/200W
3. Factor de potencia: 0.95
4. Vida Útil: 50000 h
5. Eficiencia luminosa: 120 Lm/W
6. Clase de eficiencia energética: A++
7. Tipo de tecnología: Led SMD 2835
8. Frecuencia: 50/60 Hz

9. Voltaje: 90-265 V
10. IP: 66



*Figura N° 24: Reflector LED propuesto como mejora
(Daxso, 2019).*

La norma técnica EM.010 instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones, establece los requisitos mínimos de iluminación que todo proyecto debe cumplir, que para este caso es de recreación, esto se muestra la Tabla N°6:

Tabla 6: *Requisitos mínimos de iluminación para recreación.*

RECREACIÓN Y DEPORTES						
N°ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	Ra	Requisitos específicos
	Salas para ejercicios físicos	300	22	0,40	80	
	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	0,40	80	En cada baño individual si está completamente cerrado

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

Con los nuevos equipos que se utilizaran para el alumbrado de los campos deportivos, el área de recreación para niños y conociendo la cantidad de lux que se necesita por metro cuadrado, pasamos hacer el dimensionamiento en función al área de cada ambiente.

Campo de gras sintético 1

11. Área: 600 m²
12. Lux por m² que requiere: 300 Lux

- 13. Lux total que requiere: 180000 Lux
- 14. N° de reflectores: 8 reflectores de 300 W
- 15. Eficiencia luminosa de cada reflector: 36000 Lm
- 16. Cantidad de lux total que recibirá: 288000 Lux
- 17. Lux por m² que recibirá: 480 Lux

Campo de gras sintético 2

- 18. Área: 600 m²
- 19. Lux por m² que requiere: 300 Lux
- 20. Lux total que requiere: 180000 Lux
- 21. N° de reflectores: 8 reflectores de 300 W
- 22. Eficiencia luminosa de cada reflector: 36000 Lm
- 23. Cantidad de lux total que recibirá: 288000 Lux
- 24. Lux por m² que recibirá: 480 Lux

Campo 3 loza deportiva

- 25. Área: 424.76 m²
- 26. Lux por m² que requiere: 300 Lux
- 27. Lux total que requiere: 127428 Lux
- 28. N° de reflectores: 4 reflectores de 300 W
- 29. Eficiencia luminosa de cada reflector: 36000 Lm
- 30. Cantidad de lux total que recibirá: 144000 Lux
- 31. Lux por m² que recibirá: 339.01 Lux

Área de juegos para niños

- 32. Área: 98.85 m²
- 33. Lux por m² que requiere: 300 lux
- 34. Lux total que requiere: 29656 lux
- 35. N° de reflectores: 2 reflectores de 200W
- 36. Eficiencia luminosa de cada reflector: 24000 Lm
- 37. Cantidad de lux total que recibirá: 48000 lux
- 38. Lux por m² que recibirá: 485.58 lux

La eficiencia en iluminación con los nuevos reflectores led dimensionados mejorara la iluminación en los campos deportivos, ya que pertenecen a la clase de eficiencia energética A++, la vida útil de estos reflectores es de 50000 horas y tienen un grado de protección más alto IP 66.

v. Requisitos a considerar para la nueva implementación del sistema

Como requisito principal nos enfocamos en realizar el mejor uso posible de las instalaciones ya existentes, por lo cual se verá la manera de realizar la mejora sin realizar gastos innecesarios. Se tendrá tres requisitos principales, buscando realizar la mejora y evitando realizar gastos innecesarios.

- Emplear la superficie de los 2 vestidores, para la instalación de los paneles y realizar el menor número de modificaciones.
- Aprovechar las conexiones existentes como el de la caceta principal y las derivaciones de los circuitos, como también las canalizaciones disponibles; siempre y cuando sea necesario.
- Mantener la caceta de control principal reemplazando e implementando los dispositivos necesarios.

vi. Requisitos Legales

Según el código nacional de electricidad 2006, en la sección 350 podemos encontrar:

- **Rotulado:** Toda fuente de energía fotovoltaica requiere de un etiquetado fijo en un lugar accesible a la desconexión, esta debe indicar:
 - a) El voltaje nominal del circuito abierto.
 - b) La corriente de cortocircuito nominal.
 - c) La corriente y voltaje nominales de operación.
- **Voltaje nominal de los circuitos de una fuente fotovoltaica:** Viene a ser el voltaje nominal de circuito abierto.
- **Corriente nominal de los circuitos de una fuente fotovoltaica:** En caso no se tenga la protección contra sobrecorrientes para una fuente fotovoltaica, la corriente nominal viene a ser la corriente de cortocircuito disponible.
- **Carga del circuito:** La carga calculada para un sistema no debe superar a la corriente nominal del circuito.

- **Protección contra sobrecorrientes para aparatos y conductores:** Se tiene que tomar en cuenta que; para los dispositivos que no cuente con sistemas de protección se les debe implementar un sistema de seguridad que proteja estos dispositivos de posibles problemas de la red y otros.
- **Medios de desconexión:** Se debe tener en cuenta que deben existir medios de desconexión entre para todos los dispositivos.
- **Disposición del módulo de conexión:** Esta disposición nos indica que cuando se tenga que retirar un panel solar no debe interrumpirse la conexión a tierra de los demás paneles.

3.2.Cálculos

3.2.1. Energía total del sistema

Según (CANTOS, 2016), para calcular el valor de la energía total del sistema (E) incluyendo las pérdidas, primero debemos hallar el factor global de rendimiento (R), que viene a estar dado por la siguiente ecuación:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \times (1 - \frac{k_a \times N}{P_d}) \dots \text{(Ecuación 5)}$$

$$R = (1 - 0,05 - 0,12 - 0,05) \times (1 - \frac{0,005 \times 1}{0,6})$$

$$R = 0,774$$

Dónde:

R: Factor de rendimiento global.

k_b: Factor de pérdidas en el conjunto de baterías y regulador, valor (para equipos nuevos 0.05).

k_c: Rendimiento del inversor, según fabricante 88%.

k_v: Factor de pérdidas varias (efecto Joule, caídas de tensión, etc.), valor predeterminado 0,05.

k_a: Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías, valor recomendado 0,005.

N: Número de días de autonomía, se está considerando 1 días.

P_d: Profundidad de descarga de las baterías, según fabricante 0,6.

Una vez encontrado el valor de rendimiento global procedemos a calcular el consumo energético:

$$E = E_T / R \dots \text{(Ecuación 6)}$$

$$E = 49597.5 / 0.774$$

$$E = 64079.46 \text{ Wh/d}$$

Dónde:

E: Energía eléctrica total media diaria (Wh/d).

E_T: Consumo teórico (Wh/d).

R: Factor de rendimiento global.

3.2.2. Evaluación del recurso solar

Para garantizar el mejor funcionamiento del sistema fotovoltaico, debemos tener en cuenta la revisión de los datos de irradiación; utilizando la ubicación del polideportivo latitud $-8^{\circ}32'19''$ Norte, longitud de $-78^{\circ}40'27''$ Oeste, y empleando la información proporcionada por el programa POWER Data Access Viewer, en la Tabla N°7 encontramos los valores de irradiación solar máximos y mínimos que se dan anualmente.

Tabla 7: *Irradiación Solar en el complejo deportivo Alberto Fujimori del distrito de Chao.*

IRRADIANCÍA SOLAR EN CHAO	
MES	Irradiación (kWh/m ² /d)
Enero	6.43
Febrero	6.05
Marzo	6.52
Abril	6.4
Mayo	5.97
Junio	5.12
Julio	4.96
Agosto	4.95
Setiembre	5.24
Octubre	5.89
Noviembre	6.41
Diciembre	6.64

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 7 podemos tomar como valor de irradiación 4.95 kWh/m²/d, por ser el menor valor registrado a lo largo de todo el año.

3.2.3. Cálculo de las horas solares pico

Para realizar el cálculo de las horas pico, debemos tomar como referencia el valor de la irradiación antes mencionada 4.95 kWh/m²/d.

$$HSP = \frac{G}{I_{CEM}} \dots \text{(Ecuación 7)}$$

$$HSP = \frac{4950 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = 4.95 \text{ h}$$

Dónde:

G: Irradiación solar media diaria en Wh/m².

I_{CEM}: Potencia de radiación incidente, en W/m², para las condiciones estándar de medida (CEM) siendo su valor 1000 W/m².

HSP: Horas solares pico.

Como resultado podemos obtener que la irradiación solar recibida en un día tiene 4.95 horas de sol a 1000 W/m², y el resto del día no hubiera nada de radiación.

3.2.4. Cálculo del número de paneles para cubrir la demanda

Los paneles solares generan energía mientras exista radiación solar, esta energía generada es igual a la producida durante las horas solares pico, operando a su potencia máxima. Considerando la potencia pico (P_p) de los paneles BAUER Energy monocristalino de 72 células y de 370 Wp.

Para el dimensionamiento del número de paneles utilizaremos la siguiente ecuación:

$$N_T = \frac{E}{P_p \times HSP \times \eta_m} \dots \text{(Ecuación 8)}$$
$$N_T = \frac{64079.46}{370 \times 4.95 \times 0.9}$$
$$N_T = 38.88 \approx 40 \text{ paneles}$$

Ya que el inversor tiene 48 voltios y los paneles son de 24 voltios, se recomienda redondear a un número par (40 paneles).

Dónde:

N_T: Número total de paneles solares que debemos instalar.

E: Energía eléctrica total media diaria (Wh/d).

HSP: Horas solares pico.

N_m: Rendimiento del panel solar (debido a problemas ajenos al panel, se debe considerar 0.9).

3.2.5. Cálculo del número de paneles conectados en serie

El número de paneles conectados en serie va a estar dado por la división de la tensión de trabajo del sistema fotovoltaico entre la tensión de los paneles fotovoltaicos.

$$N_{Smf} = V_T/V_{mf} \dots (\text{Ecuación 9})$$

$$N_{Smf} = 48/24$$

$$N_{Smf} = 2$$

Dónde:

N_{Smf} = Número de módulos fotovoltaico que deben conectarse en serie.

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (48V).

V_{mf} = Tensión nominal de un módulo fotovoltaico (24V).

3.2.6. Cálculo del número de ramales conectados en paralelo

Esta dado por la división del número total de paneles entre el número de paneles conectados en serie

$$N_{Pmf} = N_{mf}/N_{Smf} \dots (\text{Ecuación 10})$$

$$N_{Pmf} = 40/2$$

$$N_{Pmf} = 20$$

Dónde:

N_{Pmf} = Número de ramales conectados en paralelo.

N_{mf} = Número de módulos fotovoltaicos.

N_{Smf} = Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie.

3.2.7. Cálculo del inversor a usar

Para realizar el cálculo del inversor emplearemos la potencia instalada ($P_I = 8.55$ kW) en la siguiente ecuación.

$$P_{inv} = 1.1 \times P_I \dots (\text{Ecuación 11})$$

$$P_{inv} = 1.1 \times 8.55$$

$$P_{inv} = 9.41 \text{ kW} \approx 10 \text{ kW}$$

Dónde:

P_{inv} = Potencia del inversor (kW).

P_I = Potencia instalada (kW).

3.2.8. Cálculo de la corriente máxima que debe soportar el regulador

$$I_{REG} = 1.2 \times I_{CCmf} \times N_{Pmf} \dots (\text{Ecuación 12})$$

$$I_{REG} = 1.2 \times 9.95 \times 20$$

$$I_{REG} = 238.8 \text{ A}$$

Dónde:

I_{REG} = Corriente máxima que debe soportar el regulador (A).

I_{CCmf} = Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (A).

N_{Pmf} = Número de ramales conectados en paralelo.

1.2 = Es un factor de sobre dimensionamiento más comúnmente empleado, corresponde al 20%.

3.2.9. Cálculo del voltaje máximo que debe soportar el regulador

$$V_{REG\ max} = 1.2 \times V_{OC\ mf} \times N_{Smf} \dots \text{(Ecuación 13)}$$

$$V_{REG\ max} = 1.2 \times 48.3 \times 2$$

$$V_{REG\ max} = 115.92\ V$$

Dónde:

$V_{REG\ max}$ = Voltaje máximo que debe soportar el regulador (V).

$V_{OC\ mf}$ = Voltaje de circuito abierto (V).

N_{Smf} = Número de módulos conectados en serie.

3.2.10. Cálculo del número de reguladores

$$N_{reg} = I_{REG}/I_{reg} \dots \text{(Ecuación 14)}$$

$$N_{reg} = 238.8/80$$

$$N_{reg} = 2.99 \approx 3 \text{ reguladores}$$

Dónde:

N_{reg} = Número de reguladores.

I_{REG} = Corriente máxima que debe soportar el regulador (A).

I_{reg} = Corriente de cada regulador (A).

3.2.11. Cálculo del número de ramas de módulo que deben conectarse a cada regulador

$$\text{Ramas por regulador} = N_{Pmf}/N_{reg} \dots \text{(Ecuación 15)}$$

$$\text{Ramas por regulador} = 20/3$$

$$\text{Ramas por regulador} = 6.67$$

Teniendo en cuenta que vamos a conectar 3 reguladores la cantidad de paneles en paralelo que deben conectarse sería:

Regulador 1: 7 paneles en paralelo o 14 en serie.

Regulador 2: 7 paneles en paralelo o 14 en serie.

Regulador 3: 6 paneles en paralelo o 12 en serie.

3.2.12. Dimensionamiento del banco de baterías

- Batería seleccionada

La batería seleccionada es: UPower de 2V de 1700Ah en C100, cuentan con unos 1480 ciclos de vida media, los puentes de conexión de las baterías van incluidos con las mismas, en la figura N°25 podemos ver una imagen de la batería UPower 2V.



Figura N° 25: Batería UPower de 2V

Hay que tener en cuenta que debemos establecer los días de autonomía estos se dan considerando los días que los módulos fotovoltaicos no generarán energía. Para nuestro caso se va a considerar $N_D=1$ días de autonomía.

También para conservar las baterías en buen estado y prolongar su vida útil, el fabricante sugiere limitar la profundidad de la descarga al 40% (Esto significa que las baterías estarán en capacidad mínima del 60%) para nuestro caso consideraremos $P_{Dmax}=0.6$.

- Cálculo de capacidad mínima del banco de baterías

$$C_T = \frac{N_D \times E}{P_{Dmax} \times V_T} \dots \text{(Ecuación 16)}$$
$$C_T = \frac{1 \times 64079.46}{0.6 \times 48}$$
$$C_T = 2224.98 \text{ Ah}$$

Dónde:

C_T = Capacidad mínima del banco de baterías, expresado en (Ah).

N_D = Número de días de autonomía.

E = Energía eléctrica total media diaria (Wh/d).

$P_{D\max}$ = Profundidad máxima de descarga profunda u ocasional, expresada en porcentaje. Para baterías de plomo ácido puede valer entre 0.6 y 0.8.

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico elegida por el proyectista.

- **Cálculo del número de baterías que deben conectarse en serie**

$$N_{S\ bat} = V_T / V_{bat} \dots \text{(Ecuación 17)}$$

$$N_{S\ bat} = 48 / 2$$

$$N_{S\ bat} = 24 \text{ baterías en serie}$$

Dónde:

$N_{S\ bat}$ = Número de baterías que deben conectarse en serie.

V_T = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (V).

V_{bat} = Tensión nominal de la batería (V).

Sabemos que al conectar las baterías en serie solo la tensión es la que se suma, en la figura N°26 podemos ver un ejemplo.

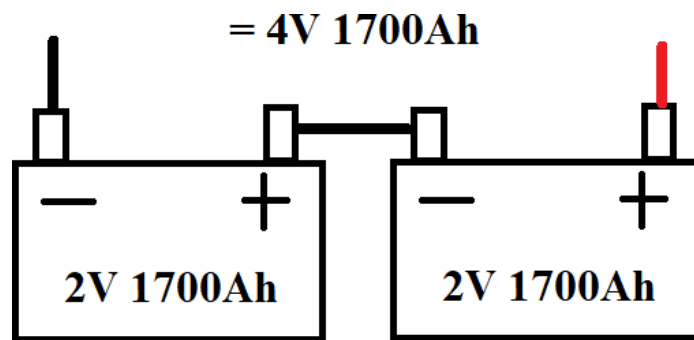


Figura N° 26: Ejemplo de conexión en serie de las baterías.

- **Cálculo del número de baterías que deben conectarse en paralelo**

$$N_{P\ bat} = C_T / C_{bat} \dots \text{(Ecuación 18)}$$

$$N_{P\ bat} = 2224.98 / 1700$$

$$N_{P\ bat} = 1.31 = 2 \text{ ramas de baterías}$$

Del resultado consideraremos 2 ramas de baterías en paralelo.

Dónde:

$N_{P\ bat}$ = Número de baterías conectadas en paralelo.

C_T = Capacidad total del banco de baterías (Ah).

C_{bat} = Capacidad individual de una batería (Ah).

Sabemos que al conectar las baterías en paralelo solo la corriente es la que se suma, en la figura N°27 podemos ver un ejemplo.

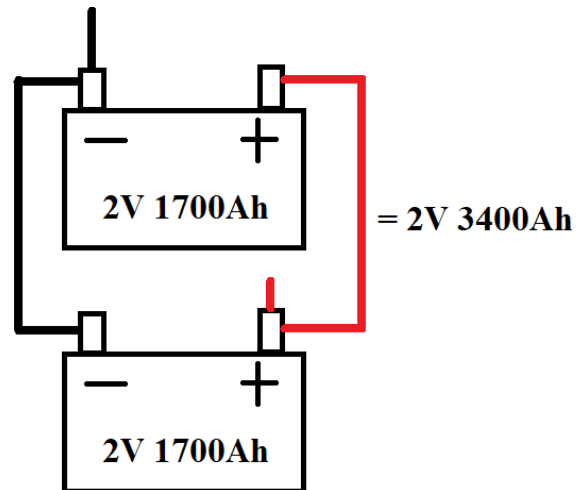


Figura N° 27: Ejemplo de conexión en paralelo de las baterías.

- **Cálculo del número total de baterías**

$$N_{TOTAL/grupo} = N_{S\ bat} \times N_{P\ bat} \dots \text{(Ecuación 19)}$$

$$N_{TOTAL/grupo} = 24 \times 2$$

$$N_{TOTAL/grupo} = 48 \text{ (24 baterías por grupo)}$$

Al tener una conexión en serie paralelo de las baterías, tanto la tensión como la corriente van a ser sumadas, en la figura N°27 podemos ver un ejemplo.

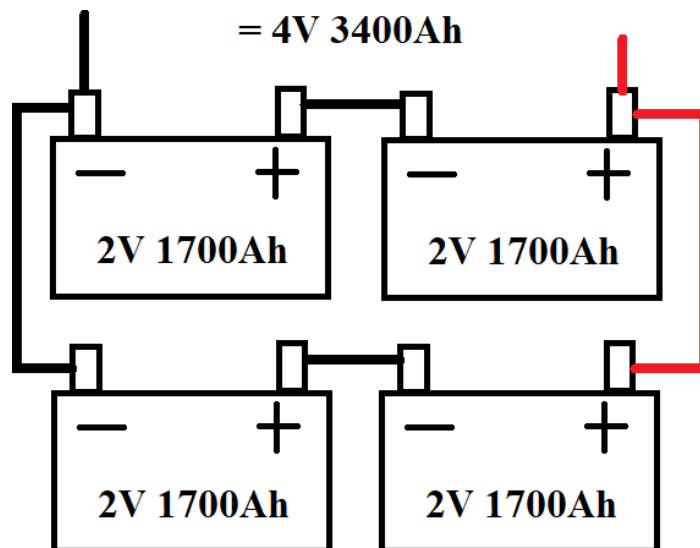


Figura N° 28: Ejemplo de conexión en serie y paralelo de las baterías.

3.2.13. Dimensionamiento de los conductores

Para la selección de los conductores se van a considerar los siguientes criterios:

Por la capacidad de corriente y por la caída de tensión.

- **Cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el tramo módulos fotovoltaicos-regulador**

$$I_{MAX\ mf} = 1,25 \times I_{CCmf} \times N_{ramas\ en\ paral.-regulador} \dots \text{(Ecuación 20)}$$

$$I_{MAX\ mf} = 1,25 \times 9,95 \times 7$$

$$I_{MAX\ mf} = 87,06\ A$$

Dónde:

$I_{MAX\ mf}$ = Corriente máxima en la línea paneles-regulador (A).

I_{CCmf} = Corriente de cortocircuito del panel utilizado (A).

$N_{ramas\ en\ paral.-regulador}$ = Número de ramas de paneles que deben conectarse a cada regulador

1,25 = Factor de sobredimensionamiento del 25% para cubrir el exceso de corriente de cortocircuito debido al aumento de la irradiancia y temperatura (Los paneles pueden calentar hasta los 75°C), podemos disponer de irradiancia ocasional de 1200W/m².

- **Cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el tramo batería-regulador**

La intensidad de corriente que soporta el tramo batería-regulador es igual a la corriente del tramo módulos fotovoltaicos-regulador (87,06 A).

Luego de calcular la corriente eléctrica, calculamos la caída de tensión para una sección determinada considerando que esta caída de tensión está dentro de las tolerancias que se muestra en la Tabla N°8:

Tabla 8: *Caída de tensión por cada tramo del sistema fotovoltaico.*

TRAMO DEL SISTEMA	CAÍDA DE TENSIÓN
PANELES-REGULADOR	3% recomendado 1%
REGULADOR-BATERÍAS	1% recomendado 0,5%
LÍNEAS DE ILUMINACIÓN	3% recomendado 3%

Fuente: (CANTOS, 2016).

- **Cálculo de la caída de tensión para el tramo paneles-regulador**

$$\Delta V = V_T \times V_{caída \%} / 100 \dots (\text{Ecuación 21})$$

$$\Delta V = 48 \times 3 / 100$$

$$\Delta V = 1,44 \text{ V}$$

Dónde:

ΔV = Caída de tensión máxima permitida para cada tramo (V).

V_T = Tensión de trabajo del sistema (V).

$V_{caída \%}$ = Caída de tensión en tanto por ciento, elegidos para cada tramo (%).

- **Cálculo de la caída de tensión para el tramo regulador-baterías**

$$\Delta V = V_T \times V_{caída \%} / 100 \dots (\text{Ecuación 21})$$

$$\Delta V = 48 \times 1 / 100$$

$$\Delta V = 0,48 \text{ V}$$

- **Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo paneles-regulador**

$$S_{CABLE} = 2 \times L \times I_{MAX} / (56 \times \Delta V) \dots (\text{Ecuación 22})$$

$$S_{CABLE} = 2 \times 10 \times 87,06 / (56 \times 1,44)$$

$$S_{CABLE} = 21.59 \text{ mm}^2$$

Dónde:

S_{CABLE} = Sección mínima recomendada (mm²).

L = Longitud tramo (m).

I_{MAX} = Corriente máxima para cada tramo de la instalación calculada previamente (A).

ΔV = Caída máxima permitida para cada tramo (V).

- **Cálculo de la sección mínima del conductor para el tramo regulador-baterías**

$$S_{CABLE} = 2 \times L \times I_{MAX} / (56 \times \Delta V) \dots (\text{Ecuación 22})$$

$$S_{CABLE} = 2 \times 3,5 \times 87,06 / (56 \times 0,48)$$

$$S_{CABLE} = 22,67 \text{ mm}^2$$

Con la Tabla N°9 podemos determinar el calibre del conductor mediante las secciones en milímetros cuadrados.

Tabla 9: Selección de conductor NYY para cada tramo.

CALIBRE N° x mm ²	N° HILOS	ESPESORES		DIÁMETRO EXTERIOR	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
		mm	mm	mm		A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

Fuente: Catalogo de INDECO.

- **Cálculo de la capacidad de corriente**

De la Tabla N°9, podemos decir que para conductores de 25 mm², del tipo NYY dúplex, tiene una capacidad de corriente de operación de 140 A (INDECO).

A este valor se le aplica los factores de corrección:

Por temperatura ambiente < 42°C: 0.9

Por agrupamiento de conductores al ambiente: 0,9

$$140 \times 0,9 \times 0,9 = 113.4 \text{ A}$$

El valor obtenido es de 113.4 A qué viene a ser mayor que la corriente que circula en los tramos de los paneles, inversor y baterías (87,06 A).

En la Tabla N°10 podemos ver que se llegó a determinar una sección de calibre y se determina los datos a emplear.

Tabla 10: Secciones de conductores eléctricos NYY seleccionado para cada tramo.

TRAMO	TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	CORRIENTE ELÉCTRICA (A)	LONGITUD (m)	CAÍDA DE TENSIÓN PERMITIDA (V)	SECCIÓN TEÓRICA (mm ²)	SECCIÓN SELECCIONADA (mm ²)
PANELES- REGULADOR	48	87,06	10	1,44	21,59	25
REGULADOR- BATERÍAS	48	87,06	3,5	0,48	22,67	25

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber realizado el cálculo correspondiente por capacidad de corriente y por el cálculo de máxima corriente y caída de tensión se selecciona el conductor NYY Dúplex de: 2-1x25 mm².

3.2.14. Dimensionamiento de los elementos de protección

Los sistemas fotovoltaicos deben contar con protecciones para asegurar a las personas frente a algún contacto directo o indirecto. Estos sistemas deben contar siempre con protecciones de sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos.

- Protección para los paneles solares

En el cálculo de los paneles pudimos apreciar que van a existir 7 ramas generadores de paneles fotovoltaicos y los paneles van a ser conectados en pares (conexión en serie) para dar la tensión requerida por el sistema. Para esto se está optando por emplear cajas de conexiones donde se instalarán los fusibles con sus portafusibles.

Capacidad de los fusibles:

$$I_F = (1,2 \dots 1,5) \times I_{SC} \times 7 \dots \text{(Ecuación 23)}$$

$$I_F = (1,2 \dots 1,5) \times 9,95 \times 7$$

$$I_F = 83.58A \dots 104.48A$$

Para la capacidad de los fusibles tenemos un rango de entre 83.58A hasta 104.48A, por lo que elegiremos cartuchos de fusibles de 100A los cuales serán instalados para cada grupo de los paneles solares, siendo un total de 3 fusibles, en la Tabla N°11 podemos ver las especificaciones del fusible que se va a seleccionar.

Tensión de fusibles:

$$V_F = 1,2 \times (2 \times V_{OC}) \dots \text{(Ecuación 24)}$$

$$V_F = 1,2 \times (2 \times 48,3)$$

$$V_F = 115,92 \text{ V}$$

Modelo: AM 22x58 100A.

Tabla 11: Modelos de fusibles.

Fusibles Ultrarrápidos para semiconductores gR (22x58)					
In (A)	Referencia		U (V AC)	Poder de corte (kA)	Embalaje
	Sin Percutor	Con Percutor			
20	492033	492133	690	100	10
25	492034	492134	690	100	10
32	492035	492135	690	100	10
40	492036	492136	690	100	10
50	492037	492137	690	100	10
63	492038	492138	690	100	10
80	492039	492139	690	100	10
100	492040	492140	690	100	10

440V DC/PODER DE CORTE 30kA

Fuente: Promelsa.

- **Protección del banco de baterías**

Se instalará un desconectador de baterías de 600 A por cada grupo de 24 baterías

- **Protección del Inversor**

Se instalará un interruptor termomagnético tetrapolar con interruptor diferencial tetrapolar de alta sensibilidad

$$I_{MAX \text{ carga}} = 1,25 \times \frac{10000}{220} = 56,81 \text{ A} \dots \text{(Ecuación 25)}$$

Seleccionamos un interruptor termomagnético tetrapolar 63A y un interruptor diferencial tetrapolar de 63A-30mA.

3.3. Evaluación económica

3.3.1. Gasto mensual

Actualmente la municipalidad distrital de Chao encargada de la administración del complejo deportivo viene incurriendo en gastos administrativos sin percibir ningún ingreso, en la Tabla N°12 se muestran los gastos mensuales que asume la municipalidad distrital de Chao.

Tabla 12: *Gastos fijos mensuales.*

GASTOS MENSUALES POR ADMINISTRACIÓN	
Guardianía	S/. 2,400.00
Energía eléctrica	S/. 1,600.00

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Horas diarias promedio que realizan deporte en el complejo deportivo

Para poder realizar esta evolución se tomó los tiempos a largo de una semana tanto de día y de noche, obteniendo el siguiente registro el cual se muestra en la Tabla N°13.

Tabla 13: *Horas de uso del complejo deportivo para realizar deporte.*

Día	Horas día	Horas noche
Lunes	4	4
Martes	2	3
Miércoles	5	5
Jueves	2	4
Viernes	3	5
Sábado	7	4
Domingo	9	3
TOTAL	4.14	4

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que las horas promedio semanales que practican deporte en el complejo deportivo Alberto Fujimori son 4 horas, pero estas varían a largo de la semana. En la Figura N°29 se puede observar que existe una gran concurrencia de las personas en el complejo deportivo para el turno de la noche.

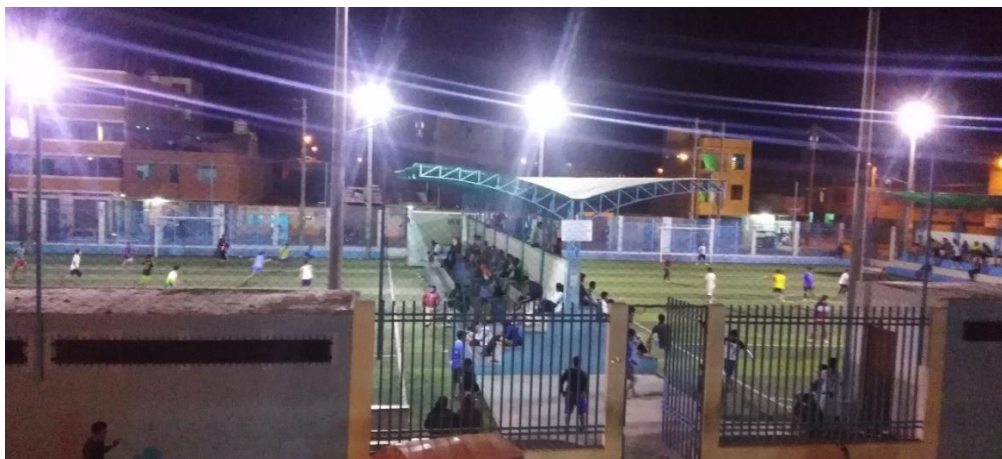


Figura N° 29: Uso del complejo deportivo en la noche

3.3.1. Propuesta para viabilidad de proyecto

Para la viabilidad del proyecto, tiene que haber un retorno de la inversión, este retorno se piensa realizar cobrando un precio social de 0.50 centavos por persona, solo a las personas que realizan deporte en los campos de gras sintético y en el turno noche, ya que en ese horario es en el que más se gasta y se paga por consumo de energía eléctrica.

Teniendo las horas promedio diarias que realizan deporte en el complejo deportivo y sabiendo que cada encuentro deportivo tiene un tiempo de 30 minutos, podemos determinar el número de partidos que se jugarían por día determinando así los ingresos mensuales que obtendría la municipalidad distrital de Chao por alquiler. Estos ingresos se muestran en la Tabla N°14.

Tabla 14: *Ingreso mensual por alquiler del complejo deportivo.*

INGRESOS MENSUALES POR ALQUILER DE CAMPOS DE FULBITO				
Horas de alquiler	N° de partidos	Cobro por partido	Mes	Total
4	16	S/ 5.00	30 días	S/ 2,400.00

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente a los ingresos que se percibirían por alquiler de los campos de fulbito se tendría que añadir el gasto por ahorro de energía eléctrica, ya que este es un gasto fijo mensual y sería reemplazado por el sistema fotovoltaico el cual asciende a S/. 1600 soles mensuales. Estos dos montos se añadirán como ingresos anuales en el cuadro del VAN y TIR.

3.3.2. Presupuesto de sistema fotovoltaico

En la Tabla N°15 se presenta la lista de materiales y equipos que se van a utilizar para la instalación del sistema fotovoltaico.

Tabla 15: Presupuesto del sistema fotovoltaico.

PRESUPUESTO - SISTEMA FOTOVOLTAICO					
Ítem	Descripción	und	Cantidad	P. Unitario (S/.)	P.Total (S/.)
1.0	Suministro de materiales				
1.1	Panel Solar 370W 24V Monocristalino Bauer	und	40	S/ 520.00	S/ 20,800.00
1.2	Inversor Cargador 10000W 48V MPPT 120A	und	1	S/ 6,324.67	S/ 6,324.67
1.3	Controlador de Carga MPPT LCD 80A 12/24/48V	und	3	S/ 1,175.38	S/ 3,526.14
1.4	Batería Estacionaria 6V 1700Ah U-Power	und	48	S/ 1,094.19	S/ 52,521.12
1.5	Cable Unifilar de 6mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	und	150	S/ 7.00	S/ 1,050.00
1.6	Cable Unifilar de 6mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	und	150	S/ 7.00	S/ 1,050.00
1.7	Terminal de Compresión Cable 50mm - Perno 8mm	und	4	S/ 4.38	S/ 17.52
1.8	Juego Conectores MC4 WEIDMULLER P-R	und	22	S/ 26.26	S/ 577.72
1.9	Cable de Interconexión de Baterías Estacionarias	und	44	S/ 32.04	S/ 1,409.76
1.10	Caja de paso estanca solera	und	3	S/ 66.67	S/ 200.01
1.11	Repartidor-Bornera LEGRAND Bipolar 40A	und	3	S/ 100.00	S/ 300.00
1.12	Cable Unifilar de 16 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	und	44	S/ 12.31	S/ 541.64
1.13	Cable Unifilar de 16 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	und	44	S/ 12.31	S/ 541.64
1.14	Desconector de Baterías 600A	und	2	S/ 341.54	S/ 683.08
1.15	NYY Dúplex de: 2-1x25 mm ²	mts	14	S/ 23.50	S/ 329.00
1.16	Reflector led de 300W-IP66-DAXSO	und	20	S/ 510.00	S/ 10,200.00
1.17	Reflector led de 200W-IP66-DAXSO	und	2	S/ 350.00	S/ 700.00
1.18	Foco led bulbo de 13W-PHILIPS	und	21	S/ 18.90	S/ 396.90
1.19	Estructura para soporte de paneles	glb	1	S/ 3,700.00	S/ 3,700.00
1.20	Fusible con porta fusible de 100A	und	3	S/ 161.39	S/ 484.17
1.21	Interruptor termomagnético tetrapolar de 63A	und	1	S/ 230.00	S/ 230.00
1.22	Interruptor diferencial de 63A-30mA	und	1	S/ 170.00	S/ 170.00
2.0	Mano de obra				
2.1	Montaje e instalación	glb	1	S/ 10,815.83	S/ 10,815.83
3.0	Transporte				
3.1	Transporte de materiales	glb	1	S/ 5,500.00	S/ 5,500.00
COSTO TOTAL					S/ 122,069.20

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Egresos por mantenimiento

Son gastos que asumirá la municipalidad distrital de Chao, el cual consiste en realizar un mantenimiento periódico para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico como se puede ver en la Tabla N°16.

Tabla 16: Costo por mantenimiento del sistema fotovoltaico.

Costos de Operación	Periodo	Costos por mantenimiento	Costo anual
Mantenimiento	6 meses	S/. 250.00	S/. 500.00

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Cálculo del VAN y TIR

En la Tabla N°17 se van a llenar los diferentes ingresos y egresos a lo largo de 20 años, los cuales nos van a servir para calcular el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

Tabla 17: Calculo del VAN y TIR para 20 años.

Año	Inversión	Costo de mantenimiento	Ingresos	Flujo Neto
0	S/ 122,069.20			-S/ 122,069.20
1		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
2		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
3		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
4		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
5		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
6		S/ 56,210.12	S/ 48,000.00	-S/ 8,210.12
7		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
8		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
9		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
10		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
11		S/ 56,210.12	S/ 48,000.00	-S/ 8,210.12
12		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
13		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
14		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
15		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
16		S/ 56,210.12	S/ 48,000.00	-S/ 8,210.12
17		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
18		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
19		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
20		S/ 500.00	S/ 48,000.00	S/ 47,500.00
Tasa de descuento		8%	VAN	S/ 272,550.21
			TIR	40.49%

Fuente: Elaboración propia.

Realizada la evaluación económica con una tasa de descuento de un 8% (TDS) que viene a ser el costo de oportunidad en que incurre el país cuando hace uso de recursos para financiar sus proyectos. En nuestro caso nos resulta que el VAN es positivo y el TIR es mayor a 8% que es el valor de la Tasa social de descuento ver anexo 09, por lo tanto, el proyecto sería viable.

IV. DISCUSIÓN

- a) El menor registro de niveles de radiación obtenidos por (BARDALES, 2016), para la región de Shungun Amazonas es de $4.23 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, mientras que para la zona elegida en la presente tesis (Chao-Virú-La Libertad), fue de $4.95 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, encontrado correlación y valores similares, por lo que podemos estar de acuerdo con estos datos.
- b) (CIEZA, 2017) nos indica que el valor de radiación puede ser obtenido del Atlas solar, para la región de Lambayeque este valor en promedio es de $4.5 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, comparando con nuestro resultado podemos ver que el valor se asemeja al nuestro que viene siendo $4.95 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, por lo que nos aseguramos que el valor real este dentro de lo estimado.
- c) (BARDALES, 2016) indica en su estudio que tiene una potencia instalada de 15.68 kW, Para lo cual dimensionó 54 paneles solares fotovoltaicos y 16 baterías de 620 Ah, en comparación con nuestra tesis nosotros tenemos una potencia instalada de 8.55 kW para lo cual se calculó 40 paneles solares fotovoltaicos y 48 baterías de 1700 Ah.

V. CONCLUSIONES

- a) Se obtuvo la potencia instalada del complejo deportivo, para ello se elaboró dos cuadros de máxima demanda. Se determinó trabajar con el cuadro de máxima demanda final ya que este contará con equipos más eficientes y mayor vida útil lo cual mejorará la eficiencia en iluminación.
- b) Se obtuvo los valores de irradiación solar máximos y mínimos proporcionado por el programa POWER Data Access Viewer que se dan anualmente en donde se realizó un cuadro de valores promedio por mes, de este cuadro se sustrajo el valor más crítico $4.96 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, para comenzar hacer los cálculos y poder dimensionar cada uno de los equipos que formarán parte del sistema fotovoltaico.
- c) Se dimensionó el sistema fotovoltaico el cual constará de 40 paneles solares monocristalinos estos son de una potencia máxima de 370 Wp y 72 células, 48 baterías de 1700 Ah estas deben de estar conectadas en dos grupos cada grupo constará de 24 baterías conectadas en serie, 3 reguladores de carga de MPPT de 80A/48V, 1 inversor de 10 kW/230V y el conductor a utilizar es el NYY Dúplex de: $2 \times 1 \times 25 \text{ mm}^2$ para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- d) Realizada la evaluación económica, se determinó que la inversión del sistema fotovoltaico tendrá un costo de S/. 122,069.20, esta evaluación se realizó para un periodo de 20 años, además se consideró un mantenimiento programado de 2 veces por año y el un gasto adicional de S/. 55,710.12 por el reemplazo del banco e baterías, que se realizará cada 5 años después de haber instalado el sistema fotovoltaico. Obteniendo un VAN de S/. 272,550.21 y un TIR de 40.49%, con esto se concluye diciendo que el proyecto es totalmente viable.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Capacitar al personal encargado de cuidar el complejo deportivo el cual a la vez velara por el cuidado y el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- b) Una vez puesto en funcionamiento el sistema fotovoltaico el fabricante recomienda tener las baterías con una carga mínima del 40%, esto prolongará su vida útil.
- c) Sugerirle al Ministerio de Energía y Minas (MINEM), realizar un estudio en todas las regiones del país para determinar el nivel de radiación solar promedio que incide en cada región, para posibles proyectos con energía solar.
- d) Utilizar la presente tesis como guía para aplicaciones de sistemas fotovoltaicos autónomos.
- e) Debido al estudio realizado nos dimos cuenta que sería más eficiente implementar un sistema con seguimiento solar para los paneles, esto mejoraría la captación de la radiación solar.
- f) Realizar una evaluación indicando la contribución ambiental que se da por cada kW generado con energía solar.
- g) Recomendamos implementar más proyectos con energía solar, debido al alto potencial de radiación solar que incide en algunas zonas rurales del Perú como esta.

REFERENCIAS

- ATALA, Josué. 2015.** *Dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares - Caso UNALM.* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima: 2015.
- BARDALES, José. 2016.** *Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shungun región Amazonas.* Universidad Cesar Vallejo, Amazonas: 2016.
- BERRÍO, Luis Humberto y ZULUAGA, Carlos. 2014.** *Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribución: una revisión en el contexto energético mundial.* Ingeniería y Desarrollo, Colombia: 2014.
- CANTOS, Julián. 2016.** *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas.* España: Paraninfo, 2016. 9788428337564.
- CARTA Gonzáles, José Antonio, y otros. 2013.** *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables.* 2ª ed. Madrid: Pearson, 2013. 9788483229972.
- CASA, Miguel y BARRIO, Mónica. 2012.** *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Barcelona: MARCOMBO, S.A., 2012. 978-84-267-1813-6.
- CIEZA, Julio. 2017.** *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el hostel Lancelot ubicado en Chiclayo.* Universidad Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo - Lambayeque: 2017.
- DIAZ, Inmaculada Aguiar, et al. 2006.** *Finanzas corporativas en la práctica.* Madrid: Delta Publicaciones, 2006. 84-96477-19-3.
- EROSSA, Victoria. 2004.** *Proyectos de inversión en ingeniería: su metodología.* México: Editorial Limusa S.A., 2004. 968-18-1933-0.
- FERICHOLA, J. Fernández. 2009.** *Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil.*
- GUAMÁN Molina, Jesús, y otros. 2016.** *Solar manager: plataforma cloud de adquisición, tratamiento y visualización de información de sistemas fotovoltaicos aislados.* Cuenca, Ecuador: INGENIUS. Revista de ciencia y Tecnología, 2016.
- HERRERA, Laura, y otros. 2013.** *Dimensionamiento de Sistemas de Generación Fotovoltaicos Localizados en la Ciudad de Medellín.* Tecno Lógicas, Colombia: 2013.
- LAGOS, Fidel. 2015.** *Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de Condominios.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo: 2015.
- LOPEZ, César. 2017.** *Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples.* Universidad Tecnológica de Jalisco, Guadalajara: 2017.
- MADRID SOLAR. 2006.** *Guía de la Energía Solar.* Madrid: Industrias Graficas el Instalador, S.L., 2006.
- MARTIL, Ignacio. 2017.** *Energía solar fotovoltaica: el futuro ya ha llegado.* Público.es, España: 2017.

Méndez, Jhosep. 2017. *Diseño de un sistema fotovoltaico estándar para alimentación con energía eléctrica a viviendas en el Distrito de Sanagoran - Sánchez Carrión - 2017.* Universidad César Vallejo, Trujillo: 2017.

Ministerio de Energía y Minas. 2019. *Principales indicadores del sector eléctrico a nivel nacional.* Lima: s.n., 2019.

RIVERA, Harry A., QUINTANA, María E. y TEIXEIRA, Vanessa. 2016. *Implementación de un Sistema Fotovoltaico en el Distrito de San Borja, para Aprovechar la Energía Solar durante los meses de verano.* TECNIA, Perú: 2016.

SALAMANCA-ÁVILA, Sebastián. 2017. *Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá.* Revista científica, Bogotá: 2017.

SEBASTIAN, Ávila. 2017. *Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá.* Revista Científica, Bogotá: 2017.

SEBASTIAN, Eliseo. 2019. Con qué medir radiación solar para paneles fotovoltaicos. *eliseosebastian.com*. [En línea] 5 de 09 de 2019. [Citado el: 13 de 09 de 2019.] <https://eliseosebastian.com/con-que-medir-radiacion-solar-para-fotovoltaicos/>.

STYLE, Oliver. 2012. *Energía solar autónoma.* s.l.: Ítaca, 2012. 978-84-615-7887-0.

SULLIVAN, Mike, UZQUIANO, Camilo y SANDY, Ximena. 2015. *CAPACITACIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LAS COMUNIDADES DE CARMEN DEL EMERO Y YOLOSANI.* [ed.] Wildlife Conservation Society (WCS). 2015.

TOBAJAS, M. Carlos. 2005. *Energía Solar Fotovoltaica.* s.l.: Cano Pina, S.L.-Ediciones Ceysa, 2005. 84-86108-62-4.

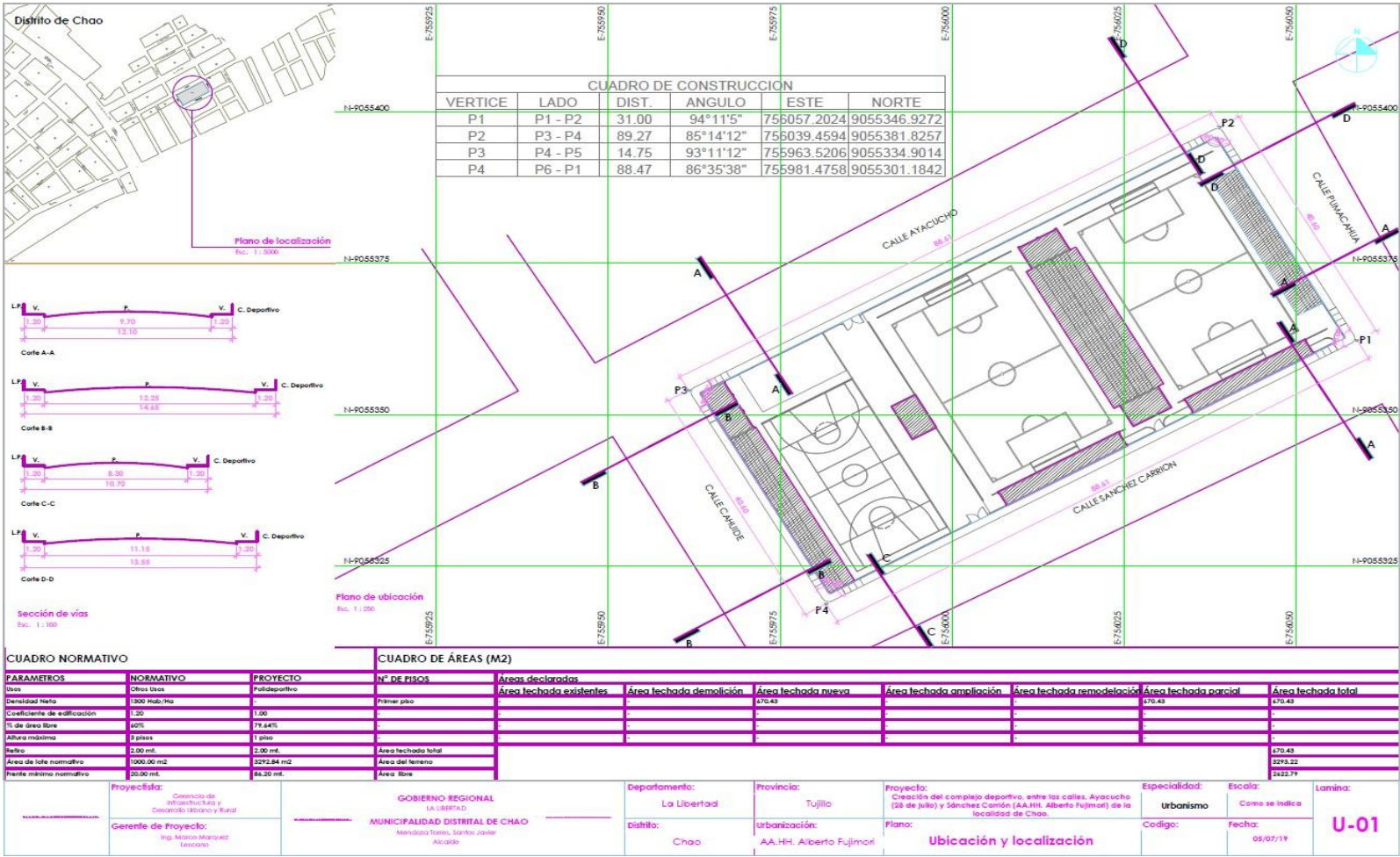
VALDIVIEZO, Paulo. 2014. *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.* Universidad Católica del Perú, Lima: 2014.

VELASCO, Jaime González. 2009. *Energías renovables.* Madrid: Reverte, 2009. 978-84-291-7912-5.

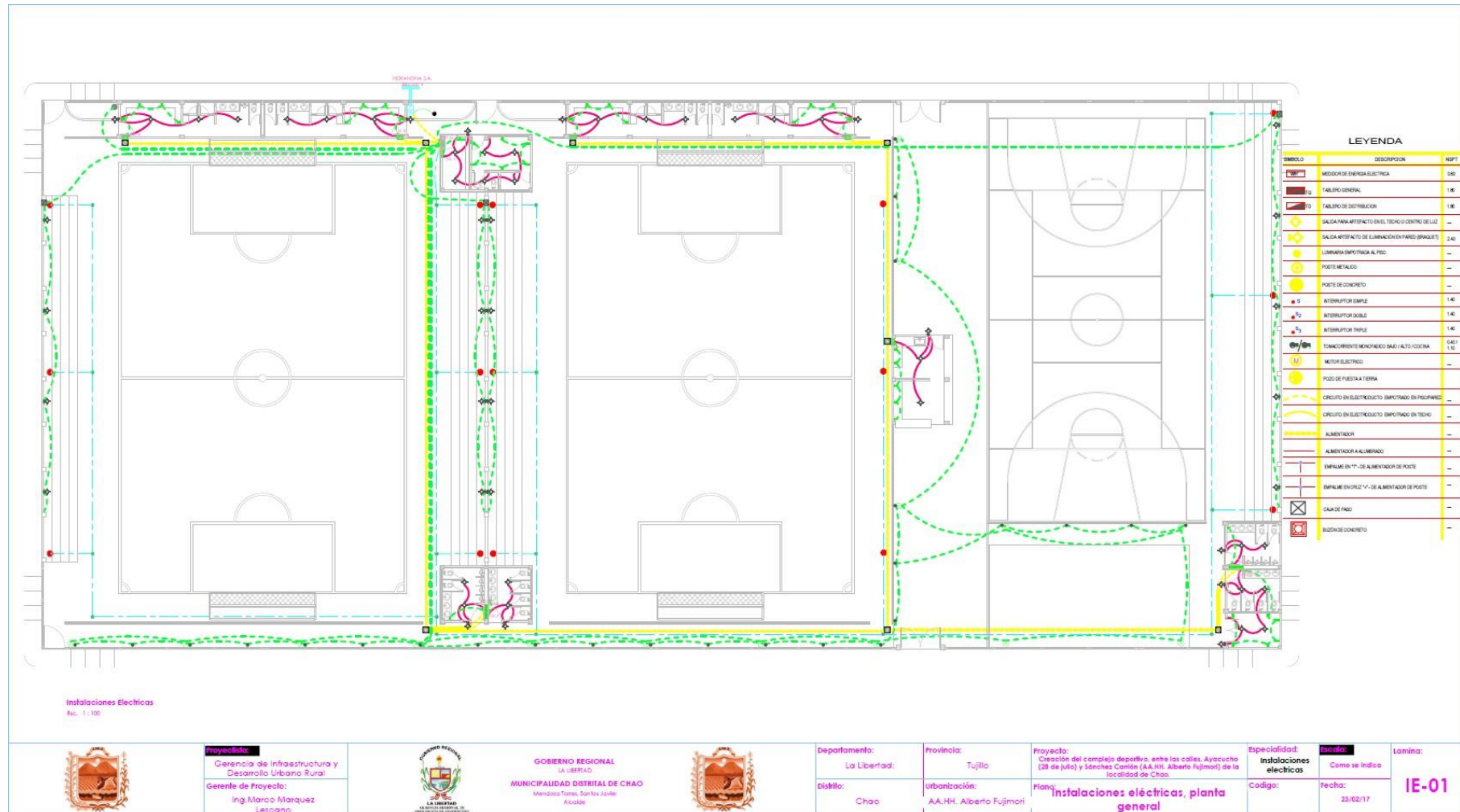
VILLALVA, Marcelo Gradella. 1983. *Energía Solar Fotovoltaica.* s.l.: Saraiva Educação SA, 1983. 8536509783, 9788536509785.

ANEXOS

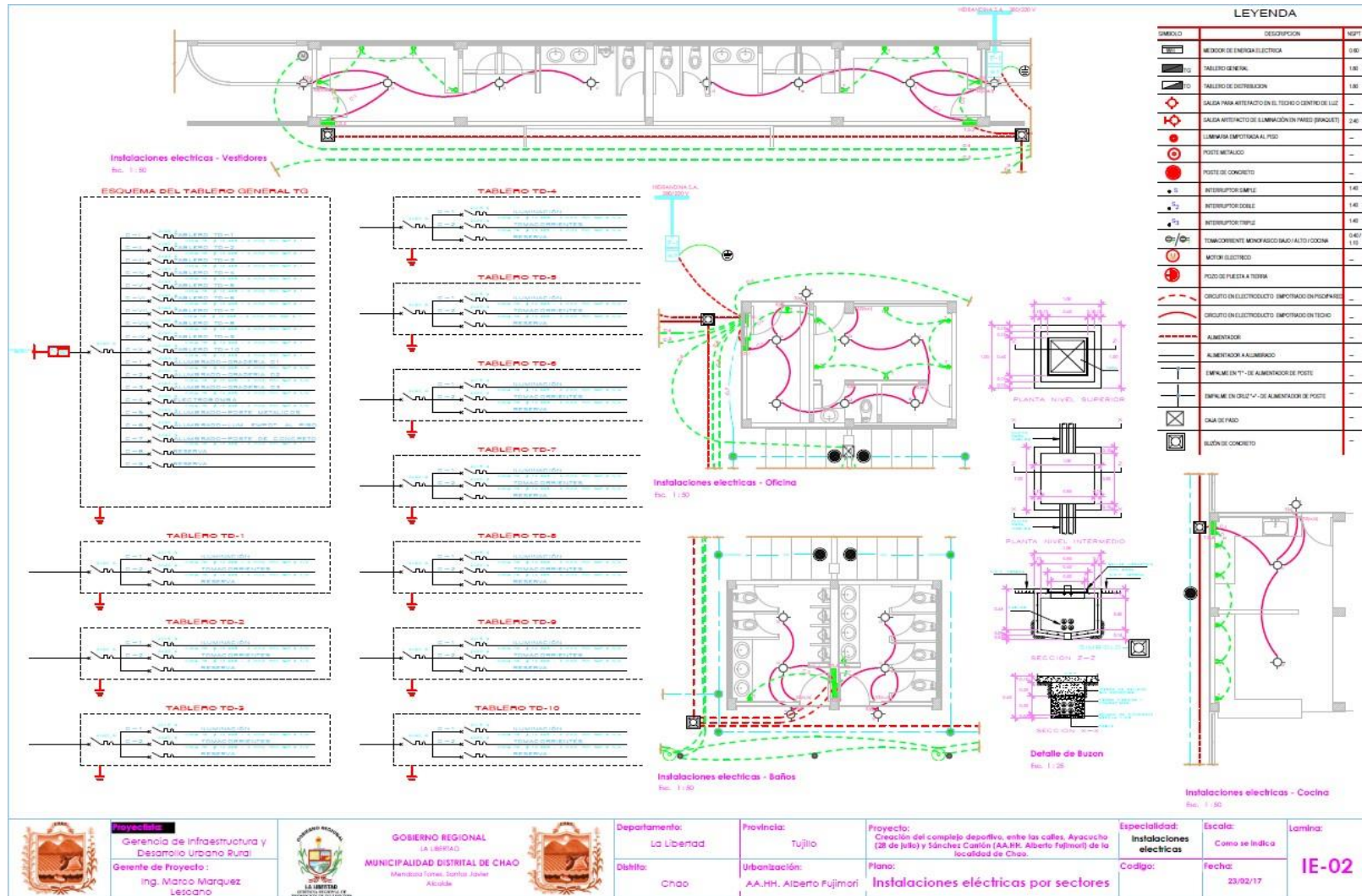
ANEXO 01: Plano de ubicación de polideportivo.



ANEXO 02: Plano instalaciones eléctricas planta general.



ANEXO 03: Diagramas unifilares de instalaciones eléctricas de polideportivo.



Proyecto:
Gerencia de Infraestructura y
Desarrollo Urbano Rural
Gerente de Proyecto:
Ing. Marco Marquez
Lescano



GOBIERNO REGIONAL
(A. BERRIO)
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHAO
Mendoza Torres, Santos Aguirre
Alcalde



Departamento:
La Libertad
Distrito:
Chao

Provincia:
Tumbes
Urbanización:
A.A.H.H. Alberto Fujimori

Proyecto:
Creación del complejo deportivo, entre las calles Ayacucho
(28 de julio) y Sánchez Cantón (A.A.H.H. Alberto Fujimori) de la
localidad de Chao.
Plano:
Instalaciones eléctricas por sectores

Especialidad:
Instalaciones
eléctricas
Código:

Escala:
Como se indica
Fecha:
23/02/17

Lamina:
IE-02

ANEXO 04: Ficha técnica de reflector led seleccionado



Reflector LED 200W IP66 DAXSO

El reflector LED de 200W IP66 DAXSO, ofrece una amplia e intensa iluminación debido a su alta eficacia luminica de 120Lm/w. Diseñado bajo estrictos parametros de calidad, asegurando la optima disipasion del calor y maximizacion de su vida util.

Beneficios

- Amortización rapida.
- Calidad de confianza.

Características

- Sistema energeticamente eficiente que ofrece más de 120 lm/W
- Sistema óptico simétrico.
- Diseño extra plano.

Aplicaciones

- Áreas Industriales
- Estacionamientos
- Fachadas de edificios
- Vallas publicitarias
- Campos deportivos
- Patios

Información Técnica

Consumo	Voltaje	Frecuencia (Hz)	Factor de Potencia	Eficiencia Luminosa LED	Depreciación Luminosa en su Vida Útil	Clase Eficiencia Energética
200W	AC 85V - 265V	50 - 60 HZ	>0.9	120Lm/W	L70	A++

Equivalencias

Tipo de LED	Cantidad LED	Angulo Haz de Luz	Temp Color	IRC	Flujo Luminoso	Vida Útil
SMD2835	960 LED	120°	6500 K	85	240 000Lm	50 000 HRS

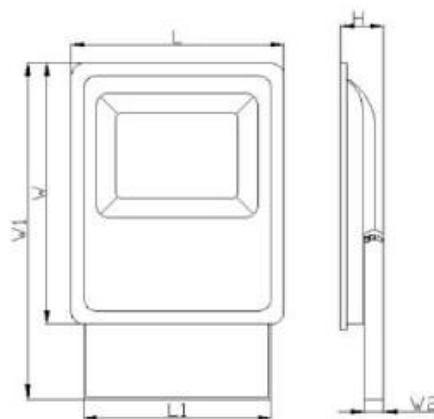
Instalación

Cable de Alimentación	Color de Carcasa	Elementos	Protección IP	Tamaño
Enchufe Tipo B + tierra	Negro	Pernos de Acero Inoxidable, 4mm vidrio templado, soporte fijo	IP66	425 * 325 * 100 mm

Certificación



Dimensión



L: 330mm
 L1: 310mm
 W: 430mm
 W1: 450mm
 W2: 50mm
 H: 95mm

ANEXO 05: Ficha técnica del módulo fotovoltaicos seleccionado



PANEL SOLAR 370W 72 CÉLULAS MONOCRISTALINO

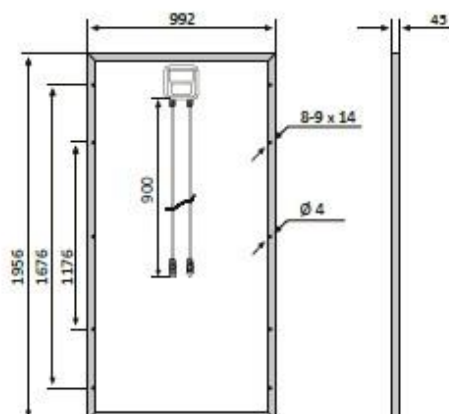
BSP370M

Características

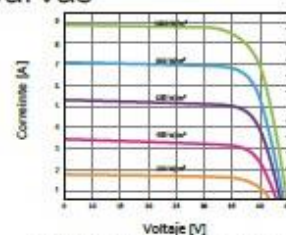
Tamaño del módulo	1956 x 992 x 45 mm
Células	72 piezas monocristalinas (156 x 156 mm)
Cristal	Bajo contenido en hierro y templado (3,2 mm)
Potencia máxima (Wp)	370W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	48.3V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9.95A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	40.1V
Intensidad a máxima potencia (Im)	9.23A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.02973%
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.38038%
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.57402%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	19%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	21.5 kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



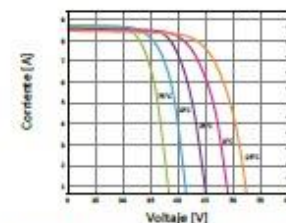
Esquemas



Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1.000W/m²

Bauer Energy
info@bauer-energy.com
www.bauer-energy.com



ANEXO 06: Ficha técnica del inversor + cargador + regulador de carga seleccionado.

Must Solar Baja Frecuencia con MPPT



PV3500 Series

Inversor solar de aislada y baja frecuencia

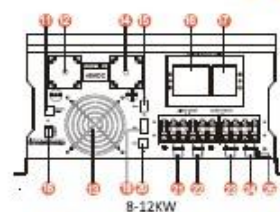
Características

- Potencia Nominal entre 4kVA y 12kVA
- Onda senoidal pura
- Configurable desde la pantalla LCD (Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador MPPT de hasta 120A según versiones
- MPPT con eficiencia máxima del 98%
- Cargador AC de alta potencia de 80A
- Transformador con bobinado íntegro de cobre
- Protección contra sobretensión, sobrecarga y descarga profunda
- Con programa para PC (CD Incluido) para programación del Inversor
- Sistema de monitorización WiFi (opcional)
- Compatible con generadores de gasolina o diésel
- Con aislamiento galvánico.

Introducción:

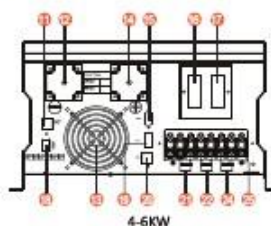
Inversor de onda pura con cargador AC y regulador de carga de tipo MPPT. Multifunción, con posibilidad de combinar al mismo tiempo los diferentes métodos de carga. Incorpora una pantalla LCD para su configuración a través de los botones que van instalados justo en la parte inferior. Es fácil y accesible para cualquier usuario, con opción de mostrar los valores de corriente de carga desde paneles solares, desde generador o red eléctrica, así como la opción de visualizar los consumos.

Información del Display LCD



1. Interruptor / bajo consumo
2. Ajuste cargador AC
3. Display LCD
4. Ajuste voltaje baterías
5. Indicador Inversor
6. Indicador carga
7. Indicador red

8. Indicador fallo
9. Función
10. Indicador PV
11. Puerto remoto
12. BAT+*
13. Ventilador
14. BAT+*
15. RS485/CAN puerto comunicaciones
16. térmico entrada AC / bypass
17. Térmico salida consumos
18. Interruptores función (SW1-SW5)
19. AGS
20. BTS
21. Entrada AC desde generador o red
22. Salida AC para consumos
23. Segunda entrada fotovoltaica (opcional)
24. Primera entrada fotovoltaica
25. Tierra



4-6KW

Conexión del Sistema Solar



Especificaciones

MODELO		PV36-4K		PV36-6K	PV36-8K	PV36-8K	PV36-10K	PV36-12K
Voltaje de Baterías del Sistema		24V	48V	48V	48V	48VDC	48VDC	48VDC
SALIDA INVERSOR	Potencia del Inversor	4KW	5KW	6KW	8.0KW	10.0KW	12.0KW	12.0KW
	Pico potencia (20ms)	12KW	15.0KW	18.0KW	24.0KW	30.0KW	36.0KW	36.0KW
	Capacidad arranque motores	2HP	2HP	3HP	4HP	5HP	6HP	6HP
	Tipo de Onda	Onda pura / Igual que en la entrada (modo bypass)						
	Voltaje nominal salida RMS	220V/230V/240VAC(+/-10% RMS)						
	Frecuencia de salida	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz						
	Efficiencia del Inversor (Pico)	>95%				>98%		
	Efficiencia modo red	>95%						
ENTRADA AC	Factor de potencia	0.8						
	Tiempo de transferencia típico	10ms(max)						
	Voltaje	230VAC						
	Rango voltaje seleccionable	154~272VAC(Para ordenadores)						
	Rango frecuencia	50-60Hz (Automático)						
	Voltaje mínimo arranque	20.0VDC/21.0VDC for 24VDC mode (40.0VDC/42.0VDC for 48VDC mode)						
	Voltaje batería baja	21.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (42.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Voltaje desconexión batería baja	20.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (40.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
BATERÍA	Alarma alto voltaje	32.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (64.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Recuperación alarma alto voltaje	31.0VDC+/-0.3V for 24VDC mode (62.0VDC+/-0.6V for 48VDC mode)						
	Consumo en vacío / modo espera	<25W con ahorro de energía				<25W con ahorro de energía		
	CARGADOR AC	Voltaje cargador	En función voltaje batería					
Térmico protección entrada AC		30A	30A	30A	40A	50A	63A	63A
Protección sobrecarga		31.4VDC para modelo 24VDC (62.8VDC para modelo 48VDC)						
Máxima corriente de carga		65A	40A	35A	40A	70A	80A	100A
BT3	Potencia continua salida	En función de la demandada y con regulación según temperatura batería						
PROTECCIÓN Y BYPASS	Onda de entrada	Senoidal (red o generador)						
	Frecuencia nominal entrada	50Hz o 60Hz						
	Protección sobrecarga	Térmico						
	Protección cortocircuito salida	Térmico						
	Potencia térmico de bypass	40A				80A	80A	80A
	Corriente máxima bypass	40Amp				80Amp		
REGULADOR MPPT	Máxima corriente carga PV	60A				60A(120A Opcional)		
	Voltaje DC	24V/48V Automático				48V		
	Potencia carga PV	1600W	3200W	3200W	3200W	3200W/5400W para modelo 120A)		
	Rango operativo MPPT	32~145VDC para 24V / 64~147V para 48V				64~147VDC		
	Voltaje Maximo PV Circuito abierto	147VDC						
	Efficiencia máxima	>98%						
CARACTERÍST. FÍSICAS	Consumo en stand-by	<2W						
	Instalación	En pared						
	Tamaño	620*385*215mm				670*410*215mm		
	Peso neto (Regulador solar) kg	36	41	44	69+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5
	Tamaño caja (W*H*D)	755*515*455mm				884*618*443mm		
	Peso caja (Regulador solar) kg	56	61	64	89+2.5	95.5+2.5	95.5+2.5	95.5+2.5
OTROS	Rango temperatura de trabajo	0°C to 40°C						
	Temperatura almacenamiento	-15°C to 60°C						
	Nivel sonoro	60dB MAX						
	Pantalla	LED+LCD						
	Unidades contenedor(20GP/40GP/40HQ)	140pcs / 280pcs / 320pcs						

Conexiones



ANEXO 07: Ficha técnica de la batería seleccionada.

Master
U-power

UP SERIES-GC

UP-GC42-2RE



Mechanical Characteristics

	SI Units	US Units
Length	318 mm	12.52 Inches
Width	181 mm	7.12 Inches
Height	425 mm	16.73 Inches
Weight	52.00 kg	114.6 lb
BCI Group Size		GC42
Cell Layout		0
Base Hold-Down		BD
Terminal Type		DT



Terminal height: 18.5 mm – 0.73 in
Bolt size: 5/16

Electrical Characteristics

Nominal voltage	2 Volts
C100 Rated Capacity (100h)	1700 Ah
C10 Rated Capacity (10h)	1300 Ah
Reserve Capacity @ 25A	2640 min
Reserve Capacity @ 75A	675 min

Operational temperature range: -20°C to + 55°C (always keep the battery charged at least 60% at temperatures below 0°C)

Charging Instructions at 25°C

Daily charge	2.50V ± 0.05V
Float charge	2.20V
Equalize charge	2.60V ± 0.05V

* Do not install or charge batteries in non-ventilated premises.
* The charging is of special importance because both over and under charging will severely limit the life of the batteries. If the batteries will stay for an extended period without being used please ensure they are routinely checked, cleaned and fully charged before being stored.

Battery temperature adjustment:

Reduce the voltage by 0.028V per cell for every 10°C above 25°C, increase the voltage by 0.028V per cell for every 10°C below 25°C.

Deep cycle batteries need to be equalized periodically. Actively used batteries should be equalized at least twice per year.

**MASTER
BATTERY**

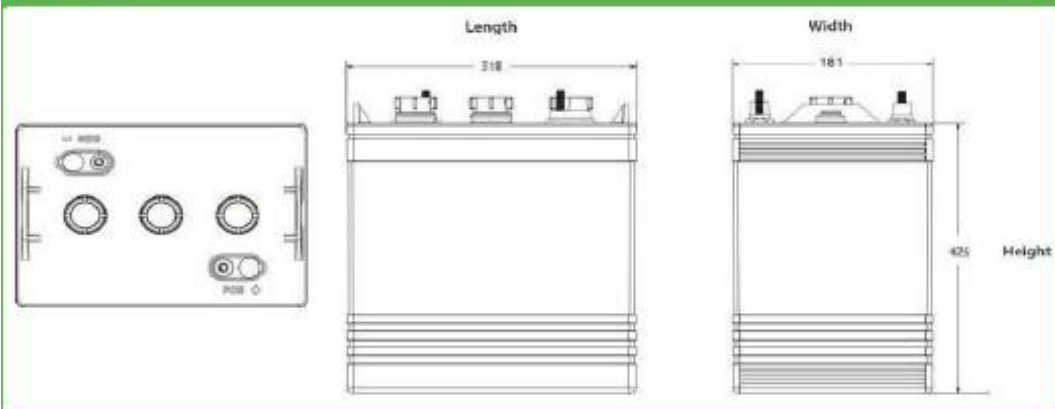


Polígono industrial La Dehesa
C/ Dehesa Vieja, nº2 Nave 16
28052 Madrid (Spain)
Tel. (+34) 918 021 649
Fax. (+34) 917 750 542
info@masterbattery.es

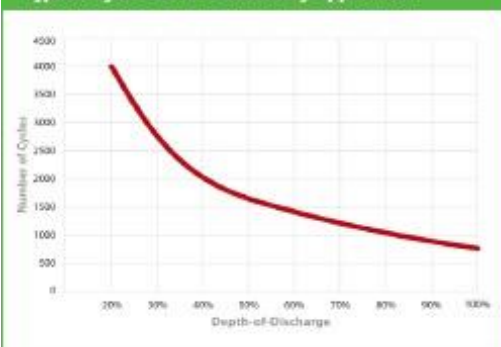


UP-GC42-2RE

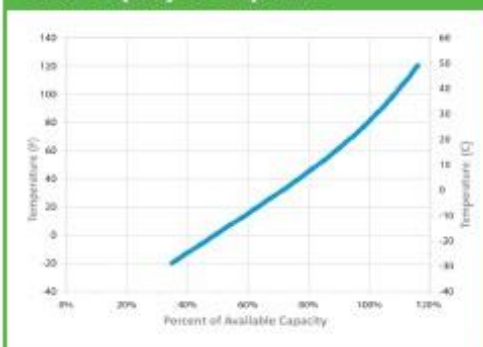
Dimensions



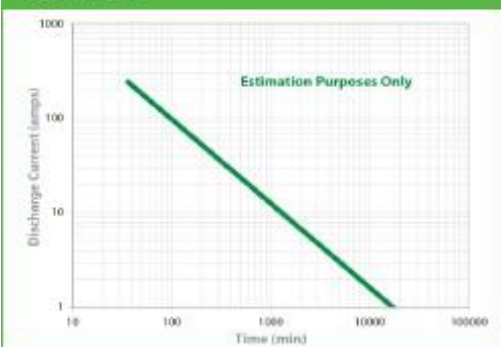
Typical Cycle Life in a Stationary Application



Percent Capacity Vs. Temperature



Performance



ANEXO 08: Ficha técnica del cable NYY seleccionado.



NYY DUPLEX / TRIPLE

Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYY convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

Marcación

INDECO S.A. NYY(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibre

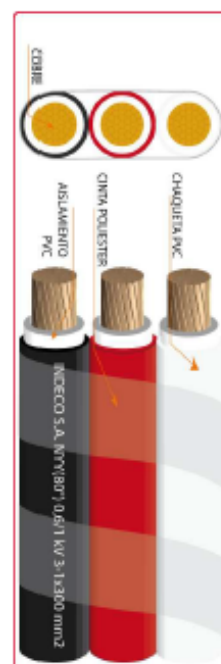
6 mm² – 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento: Blanco
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.
Triple : Blanco, negro, rojo.



Norma(s) de Fabricación
NTP-IEC 60502-1
Tensión de servicio
0.6/1 kV
Temperatura de operación
80 °C

e-mail / ventas@indeco.com.pe / marketing@indeco.com.pe / web / www.indeco.com.pe

1-2

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY DUPLEX

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

(*) Temperatura del suelo: 20°C
Temperatura ambiente: 30°C
Temperatura en el conductor: 80°C
Resistividad del suelo: 1 Ω .m/W

e-mail / ventas@indeco.com.pe / marketing@indeco.com.pe / web / www.indeco.com.pe	2-2
Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.	

ANEXO 09: Tasa social de descuento.

1. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS NACIONALES

1.1. Tasa Social de Descuento

La Tasa Social de Descuento (TSD) representa el costo de oportunidad en que incurre el país cuando utiliza recursos para financiar sus proyectos.

Estos recursos provienen de las siguientes fuentes: menor consumo (mayor ahorro), menor inversión privada y del sector externo (préstamos internacionales). Por lo tanto depende de la preferencia intertemporal del consumo, de la rentabilidad marginal de la inversión y de la tasa de interés de los créditos externos.

La TSD transforma el valor actual de los flujos futuros de beneficios y costos de un proyecto en particular. La utilización de una única tasa de descuento permite la comparación del valor actual neto de los proyectos de inversión.

Tasa Social de Descuento General

Parámetro	Valor
Tasa Social de Descuento	8%

Fuente: Actualización de la Tasa Social de Descuento. Seminario, 2017

Si la evaluación del proyecto se realiza a precios reales o constantes se debe utilizar la Tasa Social de Descuento General. Si la evaluación se realiza a precios nominales o corrientes se debe utilizar la Tasa Social de Descuento Nominal.

1.1.1. Tasa Social de Descuento para proyectos de servicios ambientales de reducción o mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero

Para proyectos de servicios ambientales de reducción o mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero la Tasa Social de Descuento será 4%. Dicha tasa será la única que se aplicará para ese tipo de proyectos, cuya cadena funcional programática es la siguiente:

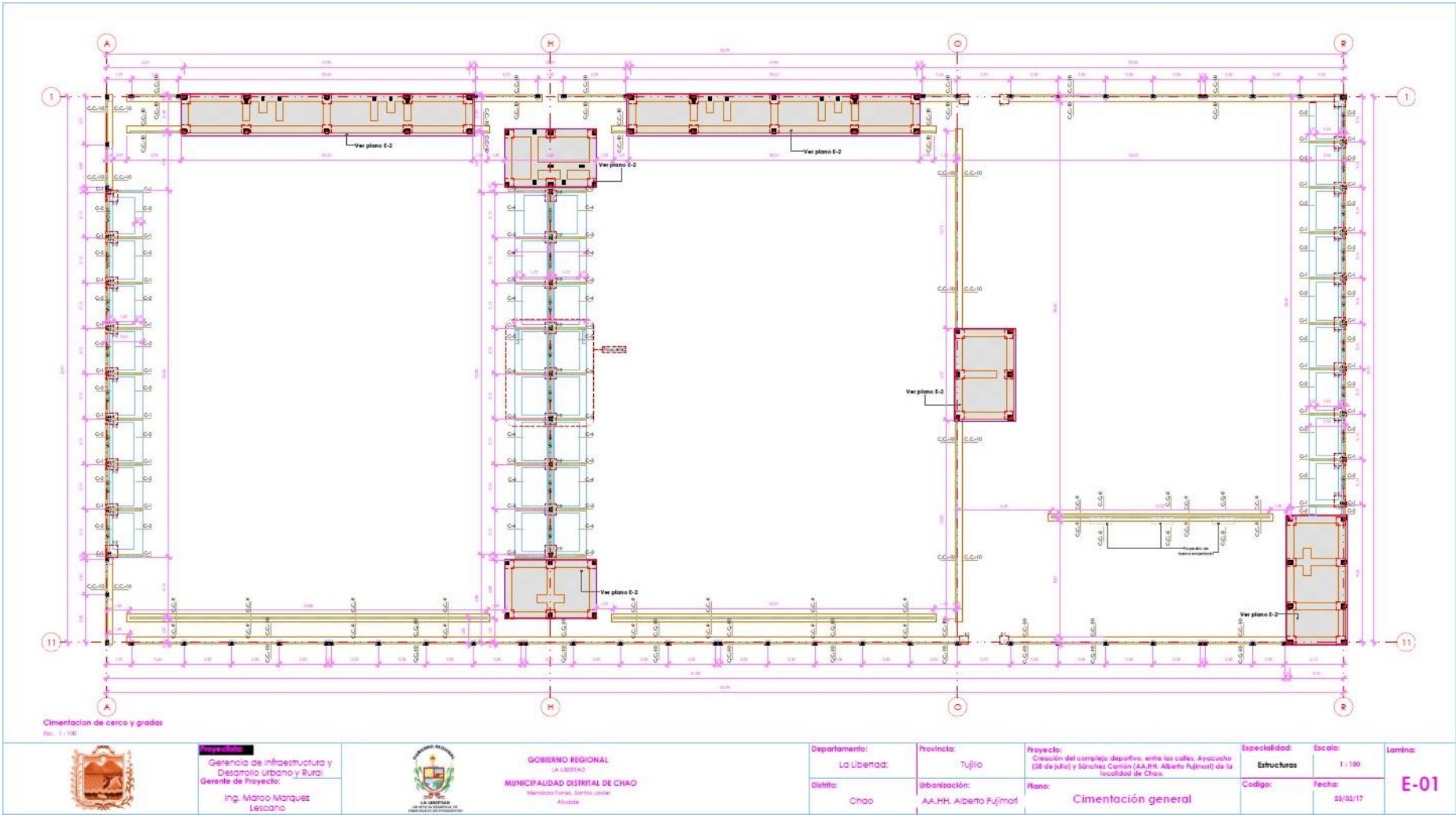
Función 17: Ambiente

División funcional 054: Desarrollo Estratégico, conservación y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural

Grupo funcional 0121: Gestión del cambio climático

En el caso de Proyectos que generen como externalidades servicios ambientales de reducción o mitigación de las emisiones de gases de efectos invernadero, los beneficios asociados a dichos servicios se descontarán con la Tasa Social de Descuento Específica del 4% para agregarse a los beneficios asociados con el servicios sobre el cual se interviene con el Proyectos que se descontarán con Tasa Social de Descuento General del 8%. La rentabilidad social se demostrará fundamentalmente por los beneficios asociados al servicio.

ANEXO 10: Plano de cubierta donde irán los paneles solares.



ANEXO 11: Irradiación solar máxima y mínima registrada anualmente (kWh/m²/d).

11/10/2019

https://power.larc.nasa.gov/downloads/POWER_SinglePoint_Climatology_08d54S_78d67W_b00f2b16.txt

```
-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual
Climatologies (January 1984 - December 2013)
Location: Latitude -8.5388 Longitude -78.6743
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 368.27 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
EQVLNT_NO_SUN_BLACKDAYS_MONTH SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Equivalent Number Of NO-SUN Or BLACK Days Over A Consecutive Month Period (days)
T2M_MAX MERRA2 1/2x1/2 Maximum Temperature at 2 Meters (C)
T2M_MIN MERRA2 1/2x1/2 Minimum Temperature at 2 Meters (C)
SI_EF_TILTED_SURFACE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Tilted Surfaces (Set of Surfaces) (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL_ANG SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_TILTED_ANG_ORT SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
Note(s):
Northward facing tilted surfaces are designated negative (-)
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC
ANN
-END HEADER-
EQVLNT_NO_SUN_BLACKDAYS_MONTH 4.17 5.95 3.19 3.25 7.18 7.56 6.24 3.53 5.46 4.50 3.07 4.78
-999
T2M_MAX 24.68 25.72 25.81 24.58 23.34 22.60 22.12 21.88 21.56 21.36 21.90
23.34 23.24
T2M_MIN 19.75 20.79 20.77 19.32 17.87 16.93 16.29 16.00 15.96 16.06 16.69
18.22 17.89
SI_EF_TILTED_SURFACE_NEG7 3.30 2.50 2.32 3.40 3.96 3.68 3.44 2.98 2.43 2.22 3.04 3.57
3.07
SI_EF_TILTED_SURFACE_0 6.28 6.02 6.51 6.10 5.30 4.44 4.41 4.68 5.19 5.88 6.30 6.44
5.63
SI_EF_TILTED_SURFACE_23 6.37 5.87 6.26 6.39 5.93 5.05 4.92 4.95 5.13 5.64 6.32 6.61
5.79
SI_EF_TILTED_SURFACE_8 6.40 6.05 6.51 6.30 5.60 4.72 4.65 4.84 5.24 5.88 6.39 6.59
5.76
SI_EF_TILTED_SURFACE_90 2.88 2.07 1.79 2.89 3.53 3.34 3.11 2.63 2.04 1.77 2.61 3.13
2.65
SI_EF_OPTIMAL 6.43 6.05 6.52 6.40 5.97 5.12 4.96 4.95 5.24 5.89 6.41 6.64
5.88
SI_EF_OPTIMAL_ANG 14.00 7.00 -5.00 -19.00 -30.00 -34.00 -31.00 -22.00 -9.00 -3.00 12.00
16.00 -8.00
SI_EF_TILTED_ANG_ORT S S N N N N N N N S S
N
```

https://power.larc.nasa.gov/downloads/POWER_SinglePoint_Climatology_08d54S_78d67W_b00f2b16.txt

1/1

ANEXO 12: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico aislado.

